

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1932.

N° _____

THÈSE 81
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(DIPLÔME D'UNIVERSITÉ)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1932

PAR

Nusyn DOBRZYNSKI

Né à Lublin (Pologne), le 17 Novembre 1904

L'ionothérapie
des ulcères cornéens

Président : M. F. TERRIEN, Professeur.

PARIS

LES PRESSES MODERNES

45, RUE DE MAUBEUGE, 45

1932

L'IONOTHÉRAPIE
DES
ULCÈRES CORNÉENS

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1932.

N° _____

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'UNIVERSITÉ)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1932

PAR

Nusyn DOBRZYNSKI

Né à Lublin (Pologne), le 17 Novembre 1904

L'ionothérapie des ulcères cornéens

Président : M. F. TERRIEN, Professeur.

PARIS

LES PRESSES MODERNES

45, RUE DE MAUBEUGE, 45

1932

LE DOYEN M. BALTHAZARD.

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	GREGOIRE.
Physiologie	BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	LENORMANT.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	PIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	} CARNOT. BEZANÇON. ACHARD. Marcel LABBE.
Hygiène et clinique de la première enfance	
Clinique des maladies des enfants	
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale....	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	LEREBOULLET.
Clinique des maladies du système nerveux	NOBECOURT.
Clinique des maladies infectieuses	H. CLAUDE.
	GOUGEROT.
	GUILLAIN.
	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	} DELBET. CUNEO. LEJARS. GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	} COUVELAIRE. BRINDEAU. JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose	Léon BERNARD.
Professeur sans chaire	HAUCLAIRE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALAJOUANINE	Neurologie et Psychiatrie
AUBERTIN	Pathologie médicale.
BÉNARD Henri	Pathologie médicale.
BROCQ	Pathologie chirurgicale.
BRULÉ	Pathologie médicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CADENAT	Pathologie chirurgicale.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHABROL	Pathologie médicale.
CHAILEY-BERT	Physiologie.
CHEVALLIER	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique.
DONZELOT	Pathologie médicale.
ECALLÉ	Obstétrique.
FEY	Urologie.
GASTINEL	Bactériologie.
GATELLIER	Pathologie chirurgicale.
DE GAUDART D'ALLAINES	Pathologie chirurgicale.
GIROUD	Histologie.
HARVIER	Pathologie médicale.
HAZARD	Pharmacologie.
HOVELACQUE	Anatomie.
HUGUENIN	Anatomie pathologique.
HUTINEL	Pathologie médicale.
JOANNON	Hygiène.

MM.

LABBÉ Henri	Chimie biologique.
LAROCHE Guy	Pathologie médicale.
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.
LEVY-VALENSI	Neuro-psychiatrie.
LIAN	Pathologie médicale.
MILLOT	Histologie.
MONDOR	Pathologie chirurgicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET	Pathologie chirurgicale.
MOURE	Pathologie chirurgicale.
MULON	
OBERLING	Anatomie pathologique.
OLIVIER	Anatomie.
PIEDELIEVRE	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
QUENU	Pathologie chirurgicale.
RICHET	Physiologie.
SANNIE	Chimie biologique.
SEZARY	Dermatologie et syphili-
VALLÉRY-RADOT	[graphie.
(Pasteur)	Pathologie médicale.
VAUDESCAL	Obstétrique.
VELTER	Ophthalmologie.
VERNE	Histologie.
VIGNES	Obstétrique.

III. — AGRÉGÉS APPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.

GURNIOT	Obstétrique.
LEQUEUX	Obstétrique.
LEROUX	Anatomie pathologique.

MM.

NEVEU-LENAIRE	Parasitologie.
REITTERER	Histologie.
ZIMMERMAN	Physique.

IV. — Agrégés chargés du cours de clinique annexe à titre permanent

MM.

ABRAMI	Clinique médicale.
CHIRAY	Clinique médicale.
DEBRE	Clinique médicale.
DUVOIR	Clinique médicale.
DASSET	Clinique chirurgicale.
CHEVASSU	Clinique chirurgicale.
HEITZ-BOYER	Clinique chirurgicale.

MM.

MATHIEU	Clinique chirurgicale.
MOCQUOT	Clinique chirurgicale.
PROUST	Clinique chirurgicale.
SCHWARTZ	Clinique chirurgicale.
LE LORIER	Clinique chirurgicale.
LEVY-SOLAL	Clinique obstétricale.
METZGER	Clinique obstétricale.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, professeur sans chaire .	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY	Stomatologie.
CHAILLEY-BERT	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

*Faible hommage de reconnaissance
et d'affection.*

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS ET CAMARADES D'ÉTUDES

A. M. LE DOCTEUR A. CANTONNET

Ophthalmologiste de l'Hôpital Laënnec
Directeur de l'Ecole de Rééducation Albert Remy
Officier de la Légion d'Honneur

*Qui nous a inspiré le sujet de cette thèse
et aidé de ses conseils précieux. Témoignage
d'admiration et de sincère reconnaissance.*

A. M. LE PROFESSEUR F. TERRIEN

Professeur de Clinique Ophthalmologique
à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine
Officier de la Légion d'Honneur

*Qui nous a fait le grand honneur d'ac-
cepter la présidence de cette thèse.*

A MES MAÎTRES DANS LES HOPITAUX

M. LE PROFESSEUR GILBERT (*In Mémoriam*)

M. LE PROFESSEUR LEJARS

M. LE DOCTEUR F. RAMOND

M. LE PROFESSEUR LENORMANT

M. LE PROFESSEUR VAQUEZ

M. LE PROFESSEUR LEREBoullet

M. LE PROFESSEUR GUILLAIN

M. LE PROFESSEUR GOUGEROT

M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LÉVY-SOLAL

M. LE PROFESSEUR TEISSIER

M. LE PROFESSEUR SÉBILEAU

M. LE PROFESSEUR LEGUEU

M. LE PROFESSEUR CLAUDE

INTRODUCTION

L'ophtalmologie, comme tant d'autres branches de la médecine et de la chirurgie, a subi l'influence des progrès réalisés dans les temps nouveaux par la thérapeutique électrique. Aux traitements anciens sont venus s'ajouter des méthodes thérapeutiques nouvelles et, parmi celles-ci, l'ionothérapie occupe déjà une place importante. C'est une méthode inoffensive et dont l'efficacité n'est plus discutée. En ophtalmologie, elle a déjà beaucoup de succès éclatants à son actif et son champ d'expériences est loin d'être complètement exploré. Son usage ne s'est pas encore très répandu, même en France où, pourtant, est née la méthode par les travaux mémorables de Leduc, mais l'intérêt qu'elle suscite grandit, les travaux la concernant se multiplient et nul doute que l'avenir ne lui appartienne. Nous étudions dans ce travail l'action de l'ionothérapie sur les ulcères de la cornée. Considérant la connaissance des phénomènes physico-chimiques et biologiques de l'ionisation comme indispensable pour la bonne application du traitement ionique, nous nous y arrêterons un peu longuement. Un chapitre sera réservé à la technique de l'ionisation oculaire. Enfin, nous nous proposons de faire une étude aussi complète que possible des expériences et des conclusions des différents auteurs qui ont pratiqué l'ionothérapie des ulcères ; quelques observations personnelles suivront à cette

étude. Nous espérons que les pages qui suivent suffiront à prouver que l'ionothérapie zincique est le moyen le plus puissant actuellement connu pour le traitement des ulcères de la cornée.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les premières tentatives d'introduction de substances médicamenteuses dans le corps par voie électrique remontent au XVIII^e siècle.

Bianchi, Privati, l'abbé Nollet ont voulu utiliser dans ce but l'effluve électrique obtenu avec une machine statique. La découverte de la pile par *Volta* permit à *Rossi*, en 1802, de tenter l'introduction dans l'économie du mercure, après destruction préalable de l'épiderme. *Fabre-Palaprat* obtient en 1833 des résultats remarquables dans le paludisme, par l'introduction de la quinine. Mais, ignorant la physique, il finit par mettre le médicament dans le liquide de la pile. En 1846, *Klenke* et *Hessenstein* traitent la scrofule par introduction d'iodure. *Richardson*, en 1859, obtient l'anesthésie locale par l'introduction de la morphine au pôle positif. *Kunk*, vers la même époque, intoxique des lapins avec la strychnine au pôle positif. *Von Bruns* démontre expérimentalement la pénétration de l'iode en 1870.

En 1873, *Munk* décèle l'iode introduit dans les urines. *Erb*, en 1884, rapporte ces résultats. En 1885, *Brondel* propose le terme de diélectrolyse. Pendant toute cette époque, le transport était attribué à la cataphorèse, c'est-à-dire à l'entraînement en masse de la substance dans le sens du courant. Les travaux de *Destot, Savy, Labatut, Jourdanet* et *Porte*

prouvèrent que la pénétration se faisait surtout par électrolyse. Viennent ensuite, de 1900 jusqu'en 1912, les travaux faisant époque de *Leduc* de Nantes. Depuis 1913, *Bourguignon* fait une série de travaux importants (rythme d'élimination, diélectrolyse trans-cérébrale et trans-cérébro-médullaire).

Cet auteur propose de reprendre le terme de diélectrolyse proposé par *Brondel*.

En ophtalmologie, les premières recherches systématiques furent entreprises par *Schöler* et *Albrand*, en 1894. *Dahlfeld* constate, en 1897, l'action plus énergique des myotiques et mydriatiques, introduits par électrolyse. Indiquons, à titre de curiosité, que *Colombo*, en 1901, essayait de transformer par l'électrolyse des cristaux de trisulfure d'antimoine, incrustés dans la cornée, en trichlorure, plus soluble. Le premier qui essaya d'introduire des médicaments dans l'œil à l'aide du courant électrique fut *Kabat*, qui traitait des affections rhumatismales des yeux. Mais ce sont les travaux de *Krückmann* qui sont le point de départ de l'ionisation oculaire. En 1908 et 1909 apparaissent les premiers travaux de *Robert Wirtz*. Les mêmes années, font leurs communications *Ranesden* et *Hagemann*. Les expériences fondamentales de *Wirtz* sont complétées, en 1910, par les recherches anatomo-pathologiques de *Zahn*. *Lewis Jones* communique ses résultats en 1910. *Traquair* en 1911. La même année, *Lubowski* relate ses cas d'ulcères, guéris par l'ionisation. En 1912, communications de *Wirzenius* et *Calderaro*. En 1913, publications de *Stocker*. Le même auteur communi-

que, en 1916, les résultats obtenus par lui, à l'assemblée des ophtalmologistes suisses. A la même assemblée, *De Speyer* rapporte ses expériences. En 1919, paraît le travail de *Schnyder*. A partir de cette époque, les travaux se multiplient dans tous les pays. En France, ont appliqué, les premiers, l'ionisation, Morisot (Périgueux), Deschamps (Grenoble) et le Docteur Cantonnet, qui la pratique depuis 1922.

CHAPITRE II

LA THÉORIE DES IONS

Quand on essaie de faire passer un courant électrique à travers différents liquides, on constate que tous les liquides ne se comportent pas de la même façon. Il y en a qui opposent au passage du courant une barrière infranchissable : c'est le cas de l'eau distillée, du pétrole, des huiles, des éthers, etc. Ce sont des *isolants*. D'autres, au contraire, se laissent traverser par le courant électrique. Mais ces liquides ne le conduisent pas à la manière d'un fil métallique. Ils ne sont pas des conducteurs ordinaires.

Le courant passe en faveur de certains phénomènes très spéciaux se passant au sein des liquides, de phénomènes de *déplacement de matière*. Suisant le cas, c'est-à-dire suivant la nature du liquide et certaines conditions, ce déplacement s'appellera : *électrolyse, électrophorèse, osmose électrique*.

À ce point de vue, il faut diviser tous les liquides livrant passage au courant en deux grandes classes : les solutions des *cristalloïdes* et les solutions des *colloïdes*. Etudions d'abord les cristalloïdes. Ce sont des corps qui ont les propriétés caractéristiques suivantes. Dissous dans l'eau, ils forment des solutions homogènes et transparentes dans lesquelles ils existent à l'état de particules infiniment petites qui sont vraisemblablement les véritables molécules chimi-

ques, isolées les unes des autres par le dissolvant. Ils sont dialysables. En se séparant du solvant, ils cristallisent. Enfin, propriété fondamentale et qui nous intéresse le plus, leurs solutions sont électrolysables, c'est-à-dire que, traversées par le courant, elles donnent lieu aux phénomènes de l'électrolyse que nous allons étudier. On appelle ces solutions *électrolytes*. La classe des cristalloïdes est constituée, en majeure partie, par les acides, les bases et les sels minéraux et organiques. Ce sont ces corps qui présentent toutes les propriétés énumérées. Il existe certains cristalloïdes peu nombreux, comme le sucre, l'urée, qui ne sont pas des électrolytes. Ils ne nous intéressent pas.

A. — *Electrolyse.*

Ce phénomène consiste dans la décomposition du corps dissous par le courant électrique. L'opération se passe dans une cuve dans laquelle plongent deux plaques métalliques, reliées aux deux pôles d'une pile. Ce sont les *électrodes*, et on distingue une électrode positive (reliée au pôle +) ou *anode*, et une électrode négative (reliée au pôle —) ou *cathode*. Supposons, pour fixer les idées, que nous ayons dans la cuve une solution de HCl. Le gaz chlorhydrique, parfaitement sec, ne conduit pas l'électricité ; il en est de même pour l'eau. Mais, l'acide chlorhydrique, obtenu par la dissolution du gaz dans l'eau, est bon conducteur. Et ce liquide est décomposé par le cou-

rant électrique en ses 2 parties constituantes : hydrogène et chlore. Comment se décomposent les autres acides, bases et sels ? Or, on peut remarquer que la molécule de l'un quelconque de ces corps est constituée par un ou plusieurs atomes d'un métal ou d'hydrogène unis à un radical simple ou composé. Ainsi, dans l'acide chlorhydrique HCl , nous trouvons un hydrogène et un radical Cl ; dans la potasse, on a le métal K uni au radical OH ; dans le sulfate de cuivre SO_4Cu le métal Cu est uni au radical SO_4 . Tous ces corps, électrolysés, obéissent aux lois suivantes :

1. Sous l'action d'un courant, le métal ou l'hydrogène se séparent des radicaux qui leur sont unis.
2. Les produits de la décomposition n'apparaissent jamais dans la masse même du liquide, mais uniquement sur les électrodes : le métal ou l'hydrogène descendent le courant et apparaissent sur la cathode ; le radical remonte le courant et apparaît sur l'anode.

Ainsi, dans l'exemple précédent, on obtient un dégagement de bulles de chlore à l'anode et d'hydrogène à la cathode.

Une solution de chlorure cuivrique CuCl_2 donne un dépôt de cuivre sur la cathode et un dégagement de chlore sur l'anode.

Pour expliquer ces phénomènes de conductibilité électrique des électrolytes, de leur décomposition par le passage du courant, des lois qualitatives et quantitatives de l'électrolyse, le physicien suédois Swante Arrhénius a émis une hypothèse géniale,

l'hypothèse de la *dissociation électrolytique* ou *ionisation*. D'après lui : quand un électrolyte est dissous, un certain nombre de ses molécules sont, par suite de la dissolution, fractionnées en deux parties électrisées, constituées, l'une par le métal ou l'hydrogène, l'autre par le radical, et qu'on appelle *ions* (ion, qui va). Les ions possèdent des charges électriques égales et contraires ; l'ion métal (ou l'ion hydrogène) est électrisé positivement, c'est le *cathion*. L'ion radical, ou *anion*, est électrisé négativement. Cette dissociation se fait d'une façon intense quand on se sert de l'eau comme solvant. C'est pourquoi on appelle aussi ce phénomène *hydrolyse*. On dit que l'eau est un *bon ionisant*. Les autres liquides produisent la dissociation ionique d'une façon insignifiante, ils sont de *mauvais ionisants*.

L'hypothèse d'Arrhénius se rattache aisément à la conception qu'on a actuellement de la constitution de la matière, c'est-à-dire à la théorie des électrons. Il nous paraît indispensable de la résumer ici. On admet depuis longtemps que toute matière est composée de *molécules*, c'est-à-dire de particules identiques, physiquement et mécaniquement indivisibles. Mais la molécule n'est pas le terme ultime de la division de la matière. Un corps composé, par exemple NaCl, est constitué par des molécules qui pourront être scindées *chimiquement* en particules élémentaires plus petites encore et qui seront, cette fois, indivisibles aussi bien par voie chimique que par les procédés mécaniques. Ces particules, limites extrêmes de la divisibilité de la matière, ont

reçu le nom d'*atomes*. Une molécule d'un corps composé est formée par la réunion d'un certain nombre d'atomes d'espèces différentes, la molécule d'un corps simple, par un ou plusieurs atomes de même espèce. La molécule NaCl est formée par deux atomes différents : Na et Cl. La molécule Cl^2 par deux atomes de Cl, etc.

On a cru pendant longtemps que l'atome, lui, était homogène, insécable. Sous la poussée des découvertes relatives à la désagrégation des corps radio-actifs et au passage du courant dans les tubes à vide, des études des phénomènes de l'électrolyse et des spectrographies obtenues avec les rayons X, les chercheurs ont conçu des idées nouvelles.

On considère actuellement l'atome comme un système complexe, comparable à un système astronomique. C'est un système planétaire en miniature. Il y a dans l'atome un noyau central qui, tel un soleil, est animé d'un mouvement de rotation autour de lui-même. Autour de ce soleil, tournent des satellites en plus ou moins grand nombre et sur des trajectoires plus ou moins complexes. L'hydrogène est l'atome le plus simple : il ne possède qu'un seul satellite. L'uranium, l'atome le plus complexe, en a 92.

Les satellites sont tous semblables ; ils n'ont pas de masse matérielle et sont constitués par une charge électrique négative, égale pour tous. On les nomme des *électrons*. Le noyau porte une charge électrique positive. Le noyau le plus simple est celui de l'atome d'hydrogène. On l'appelle *proton*. Puis, viennent

des noyaux formés de plusieurs noyaux d'hydrogène ou de noyaux d'hélium, ceux-ci étant des associations de noyaux d'hydrogène et d'électrons semblables aux satellites.

Quand il y a dans le noyau des électrons, ils sont inférieurs en nombre aux protons, si bien que la charge totale du noyau est toujours positive. Les électrons satellites sont en nombre suffisant pour que la somme de leurs charges négatives équilibre la charge positive du noyau. De sorte que l'atome est extérieurement neutre au point de vue électrique. En somme, noyaux positifs et électrons paraissent constituer à eux seuls ce que nous appelons la matière. Matière et électricité sont deux aspects différents d'une même chose. C'est le dernier mot de la science qui se fait. La répartition des électrons autour du noyau est bien déterminée et toujours la même pour chaque atome. Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de la théorie des divers anneaux et trajectoires, des formes stables et instables, nous nous bornerons seulement à indiquer qu'elle explique le fait que certains atomes perdent facilement des électrons, d'autres, au contraire, ont tendance à capter des électrons supplémentaires. Quand un atome a perdu un électron, son équilibre électrostatique est détruit, il devient électropositif. L'équilibre électrique d'un atome est rompu aussi par l'acquisition d'électrons et cet atome devient électro-négatif. Mais, dans ce cas, on ne parle pas d'atomes négatifs et positifs, mais d'ions, d'anions et de cations. Tandis que l'acquisition ou la perte d'électrons déterminent le signe

de l'ion, le nombre des électrons perdus ou acquis fixe sa valence. Il y a donc des ions mono, bi et polyvalents. Il n'y a pas que les atomes qui présentent cette propension à perdre ou à acquérir des électrons. Les radicaux peuvent en faire autant et, par conséquent, passer à l'état d'ions. En somme, un ion est un atome ou un radical portant une charge électrique. Dans cet état, cet atome ou ce radical ne présentent plus les propriétés du corps auquel ils appartiennent. Ils n'obéissent plus à leurs affinités chimiques ; ils sont, pour ainsi dire, « immunisés » par leur charge. La charge leur donne une stabilité grâce à laquelle ils peuvent rester dans cet état.

Maintenant, nous sommes à même de comprendre ce qui se passe dans un électrolyte. L'atome métallique (ou l'hydrogène) devient un ion positif parce qu'il perd un, deux ou trois électrons, suivant qu'il est mono, bi ou trivalent. Les électrons perdus par l'atome de métal sont captés par le radical qui devient un ion négatif.

Prenons, par exemple, une solution de NaCl . Un certain nombre de molécules dissoutes sont dissociées en donnant un ion sodium positif Na^+ et un ion chlore négatif Cl^- . Dans une solution de ZnCl_2 , les molécules dissociées donnent un ion zinc positif formé d'un atome de Zn ayant perdu 2 électrons Zn^{++} , et deux ion chlore négatifs, formés chacun d'un atome de chlore avec un électron supplémentaire : 2 Cl^- . Une molécule AlCl_3 donnera 1 ion positif trivalent Al^{+++} et 3 ions négatifs monovalents

de chlore 3 Cl^- . Une molécule Na_2SO_4 donne : 2 Na^+ et 1 SO_4^{--} .

Toutes les molécules ne se dissocient pas dans un électrolyte. Le nombre des molécules dissociées augmente avec la dilution. Puisque les ions fournis par une molécule possèdent des quantités égales d'électricité contraire, l'électrolyte reste à l'état neutre. Quand on plonge dans un électrolyte 2 électrodes à des potentiels différents, les ions obéissent aux lignes de force qui existent entre ces électrodes. Les anions (négatifs) sont attirés par l'anode (positive) et se déplacent en sens inverse du champ électrique en remontant le courant (anion = *ion* qui va, *ava* en haut). Les cations se déplacent dans le sens du champ et vont sur la cathode en descendant le courant (*cat* en bas). Au contact des électrodes, les ions se déchargent, cessent d'être des ions et apparaissent avec leurs propriétés chimiques ordinaires. Na et Cl, par exemple, redeviennent capables de se combiner et ils forment d'un côté NaOH, et de l'autre HCl, en décomposant l'eau. En définitive, nous voyons que ce n'est pas le courant électrique qui décompose l'électrolyte ; il est décomposé, dissocié avant tout passage de courant. Le courant met seulement cette décomposition en évidence. Et nous comprenons comment se fait le passage du courant dans un électrolyte. Il est dû aux minuscules ions qui transportent leurs charges jusqu'aux électrodes « comme l'oiseau qui transporte une semence pour l'abandonner », suivant la belle comparaison imaginée de Sir O. Lodge (Birdseed).

Les ions positifs, en se déchargeant, soutirent des électrons à la cathode ; les ions négatifs rendent une même quantité d'électrons à l'anode ; en somme, tout se passe, comme s'il y avait un transport direct d'électrons de la cathode à l'anode. Les ions sont donc les véhicules de l'électricité. Le passage du courant ne se fait pas par conduction, mais par *convection*. C'est le déplacement matériel des ions qui constitue le courant électrique. Electrolyse et passage du courant nous paraissent donc, à l'heure actuelle, comme des phénomènes indissolublement liés ou, pour mieux dire, comme un seul et même phénomène.

Dans les phénomènes de la dissociation ionique et de l'électrolyse, il y a quelques points importants qu'il faut souligner. Nous avons déjà signalé la STABILITÉ des ions. Des radicaux différents, parfois d'une grande complexité chimique, ne sont pas décomposés quand ils sont transportés par l'électrolyse. Par exemple, le radical acide du salicylate de soude

$$\text{C}^6\text{H}^4 < \begin{array}{c} \text{COO} \\ \text{OH} \end{array}$$
 se dirigera tout entier vers le pôle posi-

tif, sans être décomposé en C, H et O.

Quand on voudra faire cheminer un ion dans un sens déterminé, il faudra le placer au voisinage de tel pôle, pour qu'il soit attiré par l'autre et passe par le chemin voulu.

Il faut tenir compte des *réactions secondaires* qui se passent souvent au contact des électrodes. C'est ainsi que dans l'électrolyse de H^2SO^4 , par exem-

ple, il se produit une réaction entre SO^4 devenu un simple radical et l'eau, de sorte que l'oxygène de l'eau est déplacé et il se reforme de l'acide sulfurique ; en somme, la quantité de $\text{H}^2 \text{SO}^4$ reste la même et c'est l'eau qui est décomposée.

Les deux ions marchent en sens inverse vers les électrodes. Ils sont donc doués d'une certaine VITESSE. Cette vitesse dépend de certains facteurs. Elle est d'autant plus grande que la TEMPÉRATURE de la solution est plus élevée. Elle est d'autant plus grande que la différence de potentiel entre les électrodes est plus grande, parce que l'attraction exercée par l'électrode sur l'ion est plus forte. Puisque l'intensité du courant varie dans le même sens que le voltage, on peut donc dire que la vitesse des ions est proportionnelle à l'INTENSITÉ. La vitesse d'un ion donné dépend de son POIDS MOLÉCULAIRE. Les molécules du solvant et du corps dissous forment des obstacles au cheminement des ions, un ion petit se glissera donc plus facilement entre ces obstacles qu'un ion volumineux. Nous avons dit que plus l'intensité du courant est grande, plus la vitesse des ions est grande ; cela veut dire que plus est grand le nombre d'ions dégagés en un même temps sur une électrode.

Pour une même intensité, le nombre d'ions libérés est proportionnel au temps que dure l'électrolyse. Ce qu'exprime la loi de Faraday : LA QUANTITÉ DE SUBSTANCE TRANSPORTÉE PAR L'ÉLECTROLYSE EST PROPORTIONNELLE A L'INTENSITÉ DU COURANT ET AU TEMPS : $Q = It$, ou, ce qui revient au même, au nombre de coulombs qui ont traversé l'électrolyte. D'au-

tre part, Faraday a montré que les poids, dégagés aux électrodes, de différents corps, sont proportionnels aux équivalents chimiques de ces corps. La même quantité d'électricité, 96.537 coulombs, transporte 1 gr. d'H, 35 gr. 5 de Cl et 23 gr. de Na, les équivalents étant respectivement 1, 35,5, 23. Le poids transporté par un coulomb est l'*équivalent électrochimique* d'un corps. C'est le quotient de l'équivalent chimique par 96.537. Pour connaître la quantité de matière transportée, il suffit donc de multiplier l'équivalent électrochimique par l'intensité et le temps.

B. — *Electrophorèse*

Nous avons étudié jusqu'ici les phénomènes qui se produisent quand un courant traverse un électrolyte. Etudions maintenant les colloïdes. Ce sont des composants très importants de notre organisme. Ils ont plusieurs propriétés remarquables. Ils ne forment pas de vraies solutions, mais des émulsions, des suspensions de granules très petits. Quand un faisceau de rayons lumineux traverse une suspension colloïdale, la lumière est diffusée par les granules et les rayons diffusés sont polarisés (Effet Tyndall). Les colloïdes diffusent très lentement. Ils ne cristallisent pas quand ils perdent l'eau, mais prennent la forme de gelée ou colle. On les nomme alors des *gels*, tandis que les émulsions sont appelées *sols*. Si on ajoute à une émulsion colloïdale une assez grande quantité de sels dissous ou d'ions, les colloï-

des précipitent. La solution devient opalescente et laiteuse. Le courant électrique ne produit pas d'électrolyse dans une émulsion colloïdale, mais un autre phénomène : un déplacement en masse des particules colloïdales vers l'une ou l'autre des électrodes. Ce phénomène d'entraînement des colloïdes par le courant électrique a reçu le nom d'*électrophorèse*. En général, le transport se fait vers la cathode et, dans ce cas, on dit qu'il y a *cataphorèse*. Quand les colloïdes remontent le courant, en se portant vers l'anode, on parle d'*anaphorèse*.

On admet aujourd'hui que la précipitation et le transport électrique des colloïdes sont sous la dépendance des phénomènes d'ÉLECTRISATION DE CONTACT. Les travaux de Quincke et de Helmholtz ont montré que le contact entre deux corps développe des charges électriques qui forment sur les deux parois deux couches de signes contraires, adhérentes à ces parois et qui subsistent en équilibre malgré l'attraction qui les sollicite l'une vers l'autre. Dans une suspension colloïdale, chaque granule présente à sa surface une couche électrique adhérente ; au voisinage immédiat de cette couche s'en trouve une seconde de signe contraire, faisant partie intégrante du liquide intergranulaire. C'est ce système, composé du granule matériel et de deux charges électriques se neutralisant mutuellement, que l'on appelle *micelle*. D'après J. Perrin, les charges électriques qui constituent la double couche superficielle en contact du granule et du liquide sont empruntés aux ions du liquide.

Quand le liquide présente une acidité ou une basicité libre, les ions H^+ ou OH^- forment la couche électrisée la plus immédiatement en contact avec la surface du granule. En milieu à acidité libre, les granules sont positifs (adsorption des H^+) ; en milieu à basicité libre, les granules sont négatifs (couche d'ions OH^-). La nature du liquide déterminerait donc le signe du colloïde. Nous comprenons maintenant la précipitation et le transport électrique des colloïdes. Ces phénomènes sont conditionnés par les signes électriques en présence. Les ions portant la charge de signe opposé à celle du colloïde sont les précipitants les plus actifs ; en même temps, plus la valence de l'ion est grande, plus l'action précipitante est notable (loi de Hardy)). Quand on plonge deux électrodes dans une solution colloïdale, une partie de la couche électrique externe des micelles se détache et s'oriente vers l'électrode de signe contraire, entraînant avec elle le liquide. En même temps, la couche interne ne se trouve plus neutralisée et le granule se dirige vers le côté opposé, c'est-à-dire vers l'anode ou la cathode, suivant qu'il est négatif ou positif. Il en résulte la production d'un courant dans le circuit, jusqu'au moment où tous les granules seront déchargés. Nous retrouvons donc ici encore, comme dans l'électrolyse, un double courant de matière et d'énergie, produit par le contact d'une force électromotrice et d'un liquide.

C. — *Osmose électrique*

Des liquides non colloïdaux peuvent aussi, dans certaines conditions, subir l'entraînement électrique, à savoir, quand ils sont divisés par une paroi capillaire. Dans un vase, séparé en deux compartiments par un tube capillaire ou une paroi poreuse, versons une solution neutre de SO_4Cu . Le liquide est au même niveau dans les deux compartiments. Si, à l'aide de deux électrodes en cuivre, on fait passer le courant dans le liquide, le niveau s'élève du côté de l'électrode négative : le liquide est entraîné par le courant à travers la paroi. C'est là l'*osmose électrique*. Le sens du déplacement varie suivant certaines conditions. J. Perrin a observé que l'*osmose électrique* n'est facile que pour les liquides ionisants ; le chloroforme, le pétrole, etc, ne sont pas entraînés. De plus, Perrin a énoncé le principe suivant : les membranes poreuses se chargent positivement dans une solution acide, renfermant des ions H^+ , et se chargent négativement dans les solutions contenant un grand nombre d'ions OH^- . Par suite, la solution qui n'est plus neutre se déplace d'un compartiment à l'autre, entraînée par l'électrode correspondante. Si la solution est acide — vers l'anode, si elle est alcaline — vers la cathode.

Dans le cas d'un sel neutre, le diaphragme se charge négativement. D'une manière générale, chaque solide a une puissance d'adsorption spécifique pour un ion donné ; quand un liquide contient peu d'ions, l'adsorption est faible et l'*osmose électrique* est faible (D'après Cluzet).

CHAPITRE III

LA THÉRAPEUTIQUE PAR LES IONS

A. — *Electrolyse de l'organisme*

Le corps humain se laisse traverser par le courant électrique. Si nous plaçons sur deux points quelconques du corps deux électrodes reliées aux bornes d'une source d'électricité, le courant passera dans le circuit ainsi formé. Mais, ici encore, le passage du courant ne se fait pas par conduction, mais par convection. Il se produit des phénomènes de déplacement, d'entraînement de substances véhiculant l'électricité. Ce que le corps humain est constitué, en majeure partie, par de l'eau tenant en solution du chlorure de sodium, dont les molécules sont ionisées dans la proportion de 50 % ; par différents autres cristalloïdes et des colloïdes. De plus, les tissus de l'organisme forment des systèmes capillaires complexes. On comprend donc que le passage du courant galvanique dans les tissus est lié à tous les phénomènes d'électrolyse, d'électrophorèse et d'osmose électrique que nous avons étudiés dans le chapitre précédent.

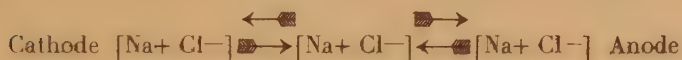
Mais les phénomènes électrolytiques sont de beaucoup les plus importants. L'organisme est un bon électrolyte.

L'électrolyse du corps parcouru par le courant galvanique se fait au niveau des électrodes (ÉLECTRO-

LYSE POLAIRE) et dans la profondeur des tissus (ÉLECTROLYSE INTERPOLAIRE).

a) *Electrolyse interpolaire.* — Sur tout le parcours du courant, dans l'intimité des tissus, il se produit des déplacements ioniques. Les ions de l'organisme, dissociés du fait même de leur dissolution, se dirigent, les uns vers un pôle, les autres vers l'autre.

C'est surtout le chlorure de sodium qui sert à véhiculer le courant dans les tissus. Mais la composition chimique des tissus n'est pas, de ce fait, sensiblement modifiée : chaque cellule gagne d'un côté ce qu'elle perd par l'autre :



b) *Electrolyse polaire.* — Les phénomènes se passant au niveau des électrodes sont beaucoup plus complexes et importants. Ils diffèrent suivant la nature des électrodes.

Electrodes métalliques inattaquables. — L'électrolyse libre à l'anode des ions acides parmi lesquels domine le chlore ; à la cathode des ions métalliques, surtout le Na. Mais il se produit des actions secondaires : le Na décompose l'eau des tissus et donne NaOH et un dégagement d'hydrogène ; le Cl donne avec l'eau de l'acide chlorhydrique et de l'oxygène. La base et l'acide déterminent sur les tissus des effets tertiaires (Bergonié) résultant de la synthèse de ces produits avec les cellules.

Au pôle négatif, où se fait la sortie des produits basiques, il se fait une escarrification molle, humide, étendue ; au pôle positif, il y a une escarre dure, sèche, délimitée et adhérente. Ces phénomènes de galvanocaustie chimique ont trouvé des applications thérapeutiques, par exemple : épilation, destructions des nævi, angiomes, etc.

Electrodes attaquables. — Les électrodes décomposées par les ions donnent parfois de nouveaux corps jouissant de propriétés thérapeutiques. Par exemple, dans le cas du fer, il se produit du chlorure de fer, dont l'action coagulante est bien connue : traitement des anévrysmes.

Electrodes aqueuses ou électrolytiques (plaques, tampons, bains électrodes). — Le courant ne peut passer que quand l'eau contient une substance électrolytique. Mais l'eau ordinaire en contient toujours. Il suffit donc que les électrodes soient imbibées d'eau ordinaire pour que l'électrolyse se fasse. L'organisme et les deux électrodes peuvent être assimilés à trois cuves électrolytiques contiguës séparées par des membranes poreuses et contenant des solutions différentes. Dès qu'on fait passer le courant, il s'établit « un échange ionique aux surfaces de séparation du corps et des électrodes ; à l'anode le corps abandonne ses anions et reçoit les cathions de l'électrode ; à la cathode le corps abandonne ses cathions et reçoit les anions de l'électrode. On peut donc ainsi introduire dans le corps des cathions à l'anode et des anions à la cathode » (Leduc).

Les acides introduisent à l'anode l'ion hydrogène ; à la cathode, le radical.

Les bases : à l'anode, le métal ; à la cathode, l'hydroxyle OH.

Les sels : à l'anode, le métal ; à la cathode, le radical acide.

Polarisation et dépolarisation des tissus. — Sous l'influence du déplacement des ions, les tissus se polarisent, c'est-à-dire qu'ils deviennent le siège d'une force électromotrice contraire à celle qui a déplacé les ions. C'est dû à l'accumulation dans l'organisme, d'un côté d'ions positifs en plus grande quantité, de l'autre côté d'ions négatifs. Quand on interrompt le courant, ces ions, n'étant plus soumis à l'influence des électrodes, ont tendance à revenir les uns vers les autres. Il en résulte des mouvements nouveaux qui peuvent avoir leur importance.

En somme, d'après tout ce qui précède, nous voyons que, dans l'électrolyse de l'organisme, des ions, partis des électrodes, s'introduisent dans le corps, tandis que d'autres en sont libérés, et ce phénomène doit se produire obligatoirement, puisque le courant passe. Mais pour que le courant passe, point n'est besoin que les ions, partis d'une électrode, parcourent tout le corps et arrive à l'autre. L'organisme contient un nombre énorme d'ions ; il suffit qu'une électrode repousse les ions de même signe et attire les ions de signe contraire qui sont à son voisinage.

En réalité, les ions ne pénètrent dans le corps

sous l'influence du courant, qu'à une faible distance ; ils peuvent être entraînés plus ou moins loin s'ils rencontrent des vaisseaux, et c'est par cette voie qu'ils peuvent arriver à l'autre électrode, comme nous verrons cela par la suite. La vitesse des ions est déjà faible dans un liquide homogène où ils ne rencontrent d'autre obstacle que les molécules du solvant. Elle l'est encore davantage dans l'organisme où les globules colloïdaux, des grosses molécules de la chions rencontrent la résistance des membranes, des mie organique, etc. « L'électrode, chargée de la substance à introduire, est semblable à une petite rivière tombant dans un lac par une cascade : dans la cascade, les molécules d'eau vont très vite ; mais dans le lac (le nombre d'ions introduits par l'électrolyse est insignifiant en regard du nombre d'ions de l'organisme) les molécules d'eau venant de la petite rivière ne se déplacent plus que très lentement (Delherm et Laquerrière). La quantité de substance introduite doit aussi être plus faible que la quantité indiquée par le calcul, et cela parce que nous sommes dans l'impossibilité d'assurer le passage du courant au moyen d'une seule espèce d'ions.

B. — *Recherches expérimentales sur la pénétration et le transport des substances dans les tissus sous l'influence du courant électrique*

La théorie de l'électrolyse nous a montré que les ions s'introduisent forcément dans les tissus

quand le courant passe, et parce que le courant passe. Il ne peut pas en être autrement. Cette vue théorique est confirmée par un certain nombre d'expériences.

Exemples d'électrolyse. — Expérience de Chatzky : Dans une pomme de terre, creusée en son milieu, on verse une solution de KI.

On enfonce dans les parois, sans arriver au contact de la solution, deux électrodes reliées à une batterie. L'iode se porte à l'anode et donne au bout de quelques instants la coloration bleue caractéristique de l'amidon en présence d'iode. Si on renverse le courant, la coloration va se reproduire à l'autre électrode, tout en cessant de continuer à l'électrode primitive. Cette réaction se manifeste même si la cavité n'est pas sur le trajet direct entre les deux électrodes, ce qui prouve que le courant d'ions existe sur toute la largeur du milieu électrolytique.

Expérience de Leduc. — Elle est aussi élégante que concluante. On place deux lapins en série dans le même circuit. Le premier lapin se trouve entre une anode imbibée de sulfate de strychnine et une cathode d'eau, le deuxième entre une anode d'eau et une cathode imprégnée de cyanure de potassium. Avec un courant de 60-100 miliampères, on observe que le premier lapin est pris de convulsions tétaniques, causées par l'introduction de strychnine, le deuxième meurt rapidement d'intoxication cyanique.

Si on renverse le courant (la strychnine est alors au négatif et le cyanure au positif), aucun des deux animaux n'est intoxiqué. ,

Expérience d'Ensch. — Deux cuves, dont l'une contient de l'eau et l'autre du KI, sont reliées à l'aide d'une grenouille dont les pattes antérieures plongent dans la solution de KI et les postérieures dans l'eau. La cathode se trouve dans la cuve contenant l'iodure de potassium, l'anode, à laquelle est réunie une pomme de terre, dans l'autre cuve. La pomme se colore en bleu.

Expériences de Baro. — 1. Dans deux récipients communiquants et contenant du NaCl, on dispose deux globes oculaires, rigoureusement pesés. On fait passer un courant de 5 mA. pendant une heure. On constate que le globe qui se trouvait dans le compartiment positif a perdu 30 mgr, tandis que l'autre a gagné 90 mgr.

2. Une cornée sépare hermétiquement les deux parties d'un tube en U. D'un côté se trouve de l'iodure de K (pôle —), de l'autre de l'eau (pôle +). Au pôle positif est fixé un fragment de pomme de terre.

Après 10 minutes de passage d'un courant de 5 mA., la pomme de terre commence à bleuir, en trente minutes, elle devient presque noire.

Expériences de Goldschmidt. — Cet auteur a étudié la vitesse de passage du SO_4Zn à travers la cornée de bœuf dans la diffusion simple et dans l'iontophorèse. Dans le premier cas, le temps minimum

est de 28 minutes. Dans le deuxième, de 14. Il est donc de moitié moindre dans l'iontophorèse.

Expériences de Bos et Rochat. — Ils ont montré sur des lapins que, tandis que l'instillation de sulfate d'atropine à 1 p. 10.000 ne donnait qu'une mydriase tardive et incomplète, l'introduction par le courant d'une solution d'atropine au 1.000.000° donnait en peu de temps une mydriase maximale.

Gosselin (cité par Leber in Graefe-Saemisch) montre que, dix minutes après l'instillation de NaI à 1 %, il n'y a pas encore de passage dans l'humeur aqueuse ; il doit atteindre le titre de 20 % pour obtenir cette pénétration en quelques minutes. Birkhäuser, au contraire, obtient en quelques minutes, la pénétration d'iode électrolytique, en ionisant une solution d'iodure à 1 % seulement. Labatut a dosé avec un appareil de Marsh l'arséniate de soude introduit chez le lapin. Aubert, Oker-Blom, Bordier, ont réalisé des expériences différentes. Différents auteurs se sont attachés à retrouver les substances introduites dans les urines. Beaucoup d'ions, introduits dans l'organisme, sont, en effet, très diffusibles et passent rapidement dans la circulation générale.

Labatut a étudié l'élimination du lithinum. Il conclut que l'élimination n'est pas immédiate, qu'elle est assez lente, il est donc possible d'amener un état d'imprégnation et de saturation de la région traitée. Récemment, Bourguignon a étudié l'introduction et l'élimination de l'iode. Il conclut : la quantité d'iode introduite est inférieure à la quantité in-

diquée par la calcul (nous en avons indiqué la raison) ; l'iode s'élimine avec un certain taux et un certain retard. Il admet donc aussi l'emmagasinement (il se ferait dans le corps thyroïde). La courbe (Fig. 1) qui représente l'élimination, montre que celle-ci se fait en 3 périodes :

1. Elimination croissante, de la première à la deuxième séance.

2. Elimination en plateau, de la deuxième au lendemain de la dernière.

3. Elimination décroissante, pendant 5-6 jours après la dernière.

Il y a donc une réserve au début qui s'élimine lentement après la dernière séance. On s'est demandé si un ion introduit par une électrode peut être ou non extrait du corps par l'autre. Nous avons vu qu'en général les ions ne pénètrent pas très profondément dans les tissus. Ils s'emmagentent plutôt au voisinage de l'endroit où se fait la pénétration. Mais, s'ils pénètrent dans les vaisseaux, ils sont emportés et charriés par le torrent circulatoire. Il se constitue alors une saturation du sang par les ions, une *ionémie*, si on peut s'exprimer ainsi. C'est par cette voie sanguine que les ions peuvent arriver à l'électrode opposée à celle qui leur a servi de porte d'entrée, et se dégager sous elle. Mais la quantité dégagée est extrêmement faible en regard de la quantité introduite. Et cela démontre qu'il n'y a pas de passage direct d'une électrode à l'autre. Les ions agissent à distance parce qu'ils sont mis en circulation. Bourguignon et Conduché, dans leurs expériences avec

l'iodure de K, ont constaté le dégagement d'iode au pôle positif de la façon suivante : il leur est arrivé que le papier filtre, imbibé d'empois d'amidon, qui

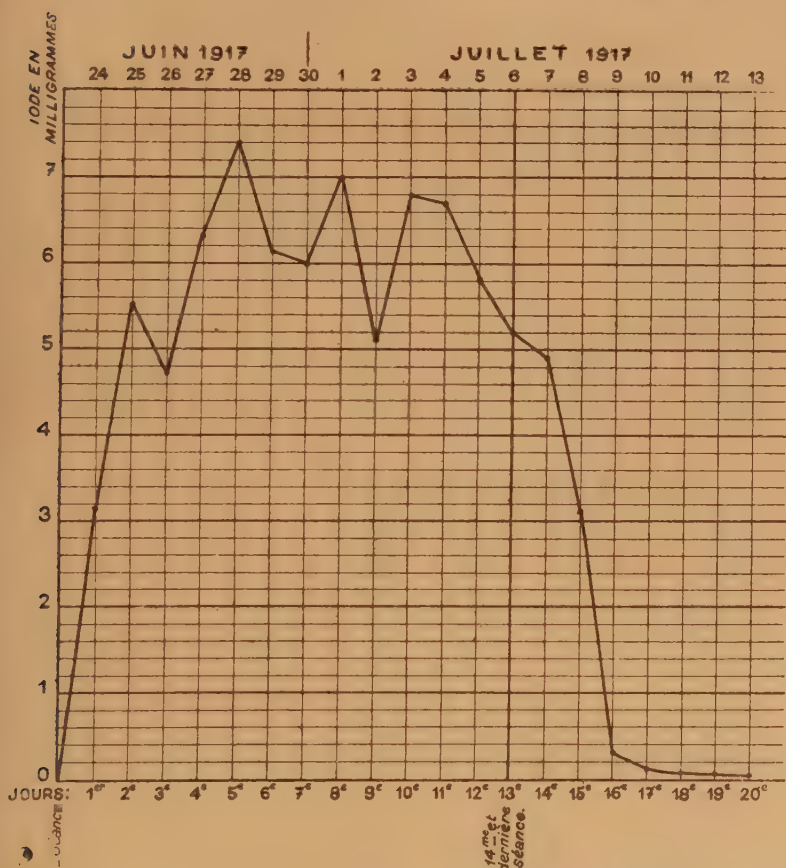


FIGURE I. — Courbe d'élimination de l'ion iode dans les urines, au cours de l'ionisation (Bourguignon et Conduché)

servait d'électrode positive, fut bleui sur une petite surface ayant exactement la même forme et grandeur qu'un brûlure qui s'était produite sur la peau

du sujet sous-jacente à cette électrode. C'est parce que la peau était détruite, que la faible quantité d'ions a pu être dégagée.

En général, il est beaucoup plus difficile d'extraire des ions de l'organisme que d'en y introduire. Par renversement du courant, Leduc a échoué à faire ressortir des tissus l'ion permanganate précédemment introduit. Ça se comprend aisément. Les ions introduits peuvent entrer en combinaison. Un gros ion a pu porter le courant au delà d'une membrane de séparation ; mais, une fois arrivé dans l'autre milieu, il ne peut plus faire le chemin inverse ; les multiples petits ions qui se trouvent dans ce milieu portent le courant renversé (Delherm et Laquerrière).

Exemple d'électrophorèse. — Faisons passer le courant d'une patte à l'autre d'une grenouille. La patte négative devient gonflée de liquide, la patte positive se dessèche. Il se produit donc un déplacement en masse de liquide de la patte positive à la patte négative (cataphorèse). Il est possible que dans cette expérience interviennent aussi des phénomènes d'osmose électrique.

C. — *L'ionothérapie*

Puisqu'il est possible d'introduire des substances dans l'organisme par voie électrolytique, il est naturel qu'on a cherché des applications thérapeutiques de ce moyen. Ainsi est née une nouvelle mé-

thode thérapeutique : l'*ionothérapie* (Leduc), appelée aussi *iono*, ou *iontophorèse* (Frankenhäuser), *ionisation thérapeutique*, *diélectrolyse* (Brondel, Bourguignon). Elle occupe déjà, à l'heure actuelle, une place importante en médecine. Ses indications se sont multipliées, son application étendue à toutes les branches de la médecine et de la chirurgie. Dans tous les domaines, on a maintenant des résultats bien établis, et beaucoup d'entre eux sont précieux ou très encourageants. L'efficacité de l'ionothérapie serait, en dehors même de toute expérience clinique et des résultats obtenus, facile à prévoir théoriquement après tout ce que nous avons dit dans les chapitres précédents. Nous avons vu, en effet, que la substance électrolysée pénètre énergiquement dans l'organisme ; elle est souvent entraînée loin par le sang, mais la région d'entrée en est particulièrement imprégnée. Pour certaines substances, il y a un véritable emmagasinement et un déversement lent consécutif dans la circulation, ce qui est d'un grand intérêt. Après les applications surviennent des phénomènes de dépolarisation, non moins importants à coup sûr, et auxquels sont peut-être dues, en grande partie, les actions *r é s o l u t i v e s*, consécutives aux séances (Tripier).

Remarquons que la peau humaine, certaines muqueuses également, présentent une grande résistance aux phénomènes d'osmose et d'imbibition, et il est de haute importance de pouvoir introduire des médicaments à travers ces barrières. L'ionisation le fait d'une façon intensive. On pourrait dire

que l'ionisation est aux autres modes d'introduction ce qu'est une injection intraveineuse à l'absorption par la bouche. Et « au lieu d'inonder l'organisme, au risque de l'intoxiquer, de substances médicamenteuses dans le but de procurer une amélioration locale, n'est-il pas plus rationnel, moins dangereux et plus efficace d'introduire électriquement des ions choisis à la place voulue ? » (Fietta). Mais, il y a autre chose encore. L'électrolyse ne se borne pas à porter la substance, et à la porter directement, dans le tissu malade. Elle la porte dans un certain état et en favorisant cet état au maximum : dans l'état dissocié. L'importance biologique de la dissociation moléculaire est très grande. Les réactions qui s'opèrent dans l'organisme vivant entre ses acides, bases et sels en milieu aqueux ne s'exercent probablement que dans la mesure où les molécules de ces corps sont dissociées. Les propriétés de diverses substances médicamenteuses sont différentes suivant que ces substances sont plus ou moins dissociées. Les solutions d'émétique et d'ipéca sont vomitives ou purgatives suivant qu'elles sont concentrées ou diluées. Le sublimé, très ionisable, est plus actif que le cyanure et le salicylate de mercure qui sont peu dissociables par simple solution. De sorte qu'à l'ancien adage : *Corpora non agunt nisi soluta*, on pourrait ajouter pour ce qui touche aux électrolytes : *Soluta non agunt nisi dissociata* (Morisot). A quoi est due cette efficacité plus grande des substances ionisées ? Peut-être à ce que les atomes, perdant leurs charges au contact des tissus, agissent à l'état naissant, « in

statu nascendi ». Aussi, comme le remarque Doumer, nous faisons de l'ionothérapie quand nous donnons à un malade une solution à boire : on lui donne des ions à absorber. Et c'est pour cette raison que Delherm et Laquerrière ont appelé l'ionisation *ionothérapie électrique*. Ici, ce n'est plus l'eau de la potion, mais le courant électrique qui sert de véhicule aux ions. Et l'action du courant électrique lui-même n'est, certes, pas négligeable. L'électricité est à la base de la vie. La force électromotrice, source de tout courant, existe dans chacune des cellules du corps. Que cette force jaillisse ou s'épuise, c'est la vie ou la mort de la cellule.

Aussi, la galvanisation seule, sans adjonction médicamenteuse, est-elle un agent thérapeutique de grande valeur dans de nombreux cas. C'est, peut-être, à elle que ~~s'ac-~~^{ser-}vient le principal rôle dans l'ionisation profonde.

Ainsi donc, les effets du médicament et du courant s'ajoutent. Certes, nous ne pouvons pas savoir ce que devient un ion, une fois introduit dans l'organisme. Il peut, redevenu atome, entrer en combinaison avec différents corps, et former un composé nouveau, absolument inactif. En effet, on a vu la cocaïne donner, par ionisation, des effets inattendus. Mais, de là la simple conclusion qu'il faut essayer chaque ion en particulier et en étudier les effets sur l'organisme. On ne peut pas incriminer la méthode elle-même, chaque fois que l'ionisation est inefficace. Il est possible que, dans ces cas, l'échec soit

dû à une efficacité douteuse du médicament employé, lui-même.

Enfin, il faut se rappeler que la stricte observation des règles de la technique de l'ionisation est indispensable. En thérapeutique, la manière de donner est aussi importante que ce qu'on donne. En ophtalmologie, l'emploi de l'ionisation s'imposait à priori. Non seulement que les tissus sont superficiels, donc très accessibles aux ions ; mais l'état très aqueux et salin des milieux oculaires fait de l'œil une zone électrolytique idéale. Cette boule d'eau qu'est l'œil, dérive le courant tout entier, sans le laisser se diffuser. La cornée, en plus, est une membrane dépourvue de vaisseaux, fait capital, puisque les ions introduits ne peuvent plus s'échapper par la fuite sanguine. Et c'est, peut-être, la raison que ce sont les maladies de la cornée qui sont le plus influencées par le traitement ionique. En outre, l'intensité de l'ionisation est susceptible d'une régulation et d'une variation par échelons extrêmement progressifs, ce qui est une circonstance très favorable pour le traitement de la délicate cornée. Nous allons voir les résultats que donne l'ionothérapie dans le traitement des ulcères de la cornée. Mais nous indiquons d'abord la technique des applications.

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ET TECHNIQUE DE L'IONISATION OCULAIRE

Appareillage. — Dans une boîte, dont la paroi supérieure est une tablette isolante, est contenue une batterie de 24 éléments au bisulfate de mercure. Ces éléments, de petits bacs en verre, sont placés sur un support de bois au centre duquel est fixée une longue tige verticale terminée par une vis. La vis sort par un trou ménagé au centre de la tablette supérieure et porte un curseur. En vissant le curseur sur la vis, la tige monte et élève le support. Au bout de la course, les bacs sont placés assez haut pour que des bâtons en zinc et en charbon, fixés à la tablette horizontale, viennent y plonger. L'appareil est alors prêt à fonctionner. Pour charger les éléments, il faut dévisser le curseur et enlever la tablette. Chaque élément donne une force électromotrice de 1,5 volt. L'ensemble des éléments, qui sont reliés en série, 36 volts. Cette batterie se polarise très lentement et donne un courant constant. On pourrait aussi employer des piles sèches, comme celles dont on se sert en T.S.F. et qui ont l'avantage d'être très portatives. Pour pouvoir varier l'intensité du courant, l'appareil comporte une MANETTE A PLOTS. En déplaçant la manette sur les plots, on introduit dans le circuit un nombre plus ou moins grand d'éléments. Un MILLIAMPÈREMÈTRE, placé sur la tablette, permet de mesurer l'intensité du courant.

Il est gradué jusqu'à 5 miliampères. Une division correspond à $1/5$ de mA. L'appareil comporte encore un RENVERSEUR DE COURANT, un INTERRUPTEUR et 2 BORNES, positive et négative. A ces bornes on peut fixer les deux câbles aboutissant aux élec-

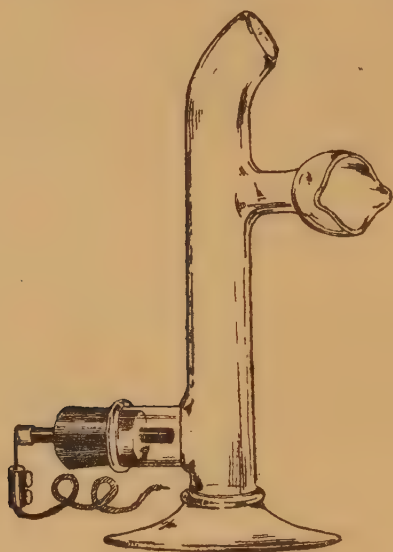


Fig. 2. — Tube-électrode-ocillère du Docteur Cantonnet

trodes. Ce sont deux cordons souples et longs de 1 m. 50, faits de fils de cuivre isolés. Un cordon bifurqué sert à l'ionisation simultanée des deux yeux. Des deux électrodes, l'une, L'ÉLECTRODE INDIFFÉRENTE, est constituée par une plaque métallique, recouverte d'une peau de chamois ; on la place, après l'avoir imbibée d'eau, sur la nuque du malade, et on l'y maintient avec un lien.

L'autre, c'est le TUBE ÉLECTRODE-OCILLÈRE. Ce tu-

be est tenu à la main par le patient. On y introduit la solution médicamenteuse par son ouverture supérieure. Le tube est terminé en bas par un pied élargi qui permet de le poser sur la table. Près du pied, une tubulure latérale est fermée par un bouchon en caoutchouc, traversé par un crayon de charbon, conducteur du courant. A l'aide d'un serre-fil, on y fixe le câble venant de la batterie. Suivant le cas, ce sera le câble venant du pôle + au —. Enfin, près de l'extrémité supérieure, le tube est pourvu d'une autre tubulure perpendiculaire, terminée en forme d'œillère. Elle s'applique intimement au pourtour de l'œil. On peut lui adapter une œillère en caoutchouc.

Procédure. — Le malade étant assis, on place l'électrode indifférente sur la nuque. On remplit le tube avec l'électrolyte, qui doit être tiède, jusqu'au niveau inférieur de l'œillère. On l'applique à l'œil. Le malade prend le tube en main. On achève le remplissage par l'orifice supérieur jusqu'au moment où le niveau du liquide est au-dessus de la tubulure. L'œil baigne dans le liquide. Il doit être entr'ouvert. Une précaution indispensable consiste à chasser les bulles d'air qui peuvent se trouver dans l'œillère. On y arrive en renversant, pour un moment, la tête du sujet en arrière (tout en maintenant le tube appliqué) ; les bulles d'air montent dans la partie supérieure du tube. On donne alors le courant graduellement, en surveillant le miliampèremètre. Pendant la séance, on peut observer un dégagement de bulles autour du charbon. A la fin de l'application, on

interrompt le courant et ensuite on retire le tube.

Solutions employées. — Ce sont surtout : l'iodure de sodium ($1/400$), le salicylate de soude ($1/400$), le chlorure de calcium ($1/400$) et le sulfate de zinc ($1/600$). C'est ce dernier qui est employé dans les ulcères de la cornée. La concentration peut varier dans certaines limites, la quantité d'ions introduits dépendant uniquement, comme nous l'avons vu, de la quantité d'électricité qui a traversé l'électrolyte. En pratique, on met une solution de SO^4Zn à $1/2$ % jusqu'au tiers du tube et on achève de remplir avec de l'eau distillée tiède.

Choix des pôles. — Pour le sulfate de zinc et le chlorure de calcium, il faut relier le tube au pôle +. En effet, nous avons vu que les métaux sont des cathions et sont attirés par le pôle négatif. Ils s'introduisent donc sous le pôle positif. La plaque est reliée au négatif. C'est le contraire pour l'ionisation salicylée et iodurée ; les radicaux acides et les métalloïdes étant des anions, ils remontent le courant pour se rendre à l'anode, donc pour les introduire, il faut les placer près du pôle —.

Le tableau suivant résume ces règles :

	Sulfate de zinc	Chlorure de calcium	Iodure de sodium	Salicylate de soude
Tube	+	+	—	—
Plaque	—	—	+	+

Intensité et durée. — L'intensité à employer est

de $1/10$ à $1/5$ de mA. Elle ne doit pas dépasser $3/10$ de mA.

La durée est de 10 à 20 minutes. A une intensité plus forte correspond un temps plus court et vice versa.

Fréquence des séances. — Une fois par jour. Repos entre les séries. En cas d'urgence, deux fois par jour. Dans les cas chroniques et torpides, 2 fois par semaine.

Sensations subjectives. — L'ionisation n'est pas douloureuse. Le malade accuse seulement une sensation de picotement. Si ce picotement devient pénible ou très désagréable à supporter, il faut diminuer l'intensité. De cette façon la sensibilité cornéenne nous sert de guide. Pour cette raison la cocaïnisation préalable de l'œil est formellement contre-indiquée. Le malade signale parfois des petites lueurs ou éclairs : cela tient à de mauvais contacts ou aux battements des paupières qui modifient l'intensité du courant. Après la séance, le patient a une sensation de brouillard ou de voile sur les objets. Il peut y avoir une injection marquée de l'œil et un léger chémosis. Pour éviter tous ces phénomènes, diminuer le courant. A part cela, l'ionisation ne donne jamais lieu à aucun accident ; elle est absolument INOFFENSIVE.

CHAPITRE V

L'IONOTHÉRAPIE DES ULCÈRES CORNÉENS

Les ulcères de la cornée appartiennent aux maladies les plus importantes des yeux, et cela en raison de leur grande fréquence et des séquelles qu'ils peuvent laisser. Etant souvent consécutive aux accidents de travail, cette maladie présente aussi un grand intérêt social. La capacité de travail des atteints est souvent détruite en grande partie. On comprend donc que de tous temps, l'ophtalmologie s'est évertuée à trouver le moyen efficace pour la bonne guérison des ulcères. Mais les efforts d'un demi-siècle n'ont pas résolu la question d'une manière radicale. Tout ce que la chimie nous a offert en médicaments tant soit peu antiseptiques, a été essayé dans la lutte contre les ulcères. On a essayé aussi la sérothérapie, des moyens physiques (chaleur, froid, rayons ultra-violets, radium), des mesures opératoires (kératotomie ponction de la chambre antérieure, cautérisations, chauffages, etc.). La multiplicité des moyens, en prouve le peu d'efficacité.

L'introduction de l'ionisatoïne constitue un énorme progrès dans la thérapeutique des ulcères cornéens. Nous espérons pouvoir le démontrer dans les pages suivantes.

Voyons les résultats et les opinions des auteurs qui ont traité des ulcères de la cornée par l'ionothérapie. Le précurseur est *Wirtz*. Voilà ce qu'il écrit, en 1908, après avoir traité 6 cas.

« Dans tous les 6 cas, l'évolution, indubitablement progressive, fut enrayée par l'iontophorèse ; dans 4 cas, une seule séance a suffi pour détruire les germes, des diplobacilles et pneumocoques ; dans 2 cas, les germes avaient persisté en un endroit, mais n'ont pas résisté à une deuxième séance. Après l'électrisation, le fond et les bords gris sales des ulcères paraissaient blancs. Après quelques heures, les douleurs cessèrent dans tous les cas. Après 24 heures, on pouvait constater objectivement l'amélioration ; l'infiltration était moindre, le bord de l'ulcère plat. Les jours suivants, l'ulcère se nettoyait rapidement, de sorte qu'en 5 ou 6 jours après le traitement, il était épithélisé et miroitait. L'infiltration du parenchyme s'est résorbée lentement, mais complètement. Dans tous les cas, il est resté, comme suite de l'ulcère, une fine macule transparente, ne dépassant pas l'étendue primitive de l'ulcère. L'ionisation n'a donc jamais détruit les parties avoisinantes de l'ulcère et agrandi la lésion. Ce fait, qui est de la plus haute importance dans les ulcères centraux, constitue le grand avantage de l'ionisation. Autrefois, dans les petits ulcères rongeurs, nous avions l'habitude d'appliquer de suite la cautérisation qui évitait toute progression. Mais, par ce procédé, nous avions, dans les ulcères centraux, des cicatrices endommageant fortement la vision. L'acuité visuelle dépassait rarement, après le traitement, 1/24. Au contraire, les cas traités électriquement conservèrent des acuités allant jusqu'à 1. Nos cas ont été légers ou moyennement graves. Mais l'action du traitement s'est montrée si rapidement améliorante que ce traitement nous paraît digne d'être essayé même dans les formes les plus sévères de l'ulcère serpigneux ».

Un an après, il écrit :

« Jusqu'à présent, j'ai soigné 16 ulcères infectieux, dont 11 étaient des ulcères serpigneux typiques, 5 des ulcères ordinaires. D'après le tableau clinique, il s'agissait de 6 ulcères moyennement graves, 3 ulcères graves et 3 extrêmement graves. Dans tous les cas, on a réussi à enrayer le procès. Dans tous les cas, les malades ont passé, après la première séance, la première bonne nuit. Dans tous les cas, il est resté, comme suite, une fine cicatrice. L'ionothérapie zincique a 3 grands avantages : 1. Action pénétrante profonde (*Tiefenwirkung*) ;

2. Epargne les tissus sains ; 3. Cicatrisation délicate. Les érosions récidivantes de la cornée sont souvent une source de beaucoup d'ennuis pour les malades. Elles sont souvent très tenaces et résistantes à toutes les mesures thérapeutiques. L'ionisation zincique s'est révélée à moi, dans ces cas, comme un moyen infailible, menant à la guérison rapidement et sans cicatrices. »

En 1912, Wirtz écrit :

« J'ai soigné, jusqu'à ce jour, plus de 300 cas d'affections cornéennes d'origine infectieuse, sans avoir éprouvé un seul échec. »

Hagemann rapporte, en 1909, les expériences faites par lui à la suite des travaux de Wirtz :

6 cas d'ulcères infectieux traités. Après 2-3 séances, disparition de l'hypopion, ulcère nettoyé, épithélisé et miroitant. Séquelle, fine macule. Les tissus sains, à la circonférence de l'ulcère, sont complètement épargnés.

Krailsheimer, 1909 :

« Les expériences cliniques faites par le Docteur Wirtz peuvent être pleinement confirmées par moi. La guérison des ulcères serpigineux était plus rapidement atteinte qu'avec les modes de traitement habituels et la cicatrisation était plus favorable. Dans beaucoup de cas d'érosion de la cornée, le traitement par l'iontophorèse s'est montré efficace par le fait que la guérison complète et durable fut obtenue par une seule application. Je peux recommander vivement cette méthode. »

Zahn, 1910 :

17 ulcères serpigineux à pneumocoques, moyennement graves pour la plupart, avec hypopion et iritis. 14 ont pu être guéris par l'ionothérapie seule, dans 3 cas on eut recours ultérieurement à la cautérisation. 10 ulcères à diplobacilles, avec iritis et hypopion pour la plupart. Dans tous les 10 cas, après 1-4 séances, guérison avec opacité cicatricielle modérément épaisse. 6 ulcères sans germes : dans tous les cas, rapide guérison après 1 séance.

1911 : 63 cas traités, 14 cas de kératite purulente. Dans l'ulcère serpigineux, arrêt du processus évolutif après 1 séance ; dans plusieurs cas le traitement fut répété, les jours suivants, une ou plusieurs fois ; dans quelques cas peu nombreux et particulièrement graves — galvanocautérisation, laquelle, cependant, n'a pas toujours donné non plus de bons résultats.

H. Lewis Jones, 1910 :

« Les cas suivants illustrent la valeur de l'ionisation zincique dans l'ulcération de la cornée connue sous le nom de « Mooren's ulcer » et qu'il est très pénible à traiter avec les procédés habituels. Même avec le secours du galvanocautère, il est très difficile d'arrêter l'ulcère et dans le cas d'une longue durée de la maladie, la diminution de la vision devient sérieuse. 4 cas ont été traités. Dans tous les cas, la guérison fut rapide et complète en 1-3 applications. » Suivent les observations.

Lubowski (Katowice) et Sachs-Mücke, 1911 :

« Nous cherchions à nous faire une idée personnelle de l'utilité de l'ionothérapie dans les ulcères septiques. Les cas légers furent exclus à priori du traitement. Seuls les cas graves furent choisis. Nous avons fait l'expérience qu'on ne pouvait pas méconnaître une action extrêmement favorable sur la marche de l'ulcère. Cette action s'est montrée après 1 ou plusieurs séances. Depuis l'emploi de l'iontophorèse, nous n'avons pas perdu un seul œil à la suite d'un ulcère septique. 30 observations. Pour conclure : l'iontophorèse au zinc est un traitement extrêmement efficace des ulcères cornéens et paraît être supérieure à toutes les autres méthodes thérapeutiques, surtout quand elle est combinée à la paracenthèse. »

5 mois plus tard, *Lubowski* communique ses observations concernant 90 cas. Elle sont aussi affirmatives que les premières. L'auteur n'a jamais été obligé d'avoir recours à la cautérisation. Il a eu l'occasion de revoir ses malades après six mois et de constater avec joie la régression des opacités et leur éclaircissement plus considérable qu'après cautérisation. 3 mois plus tard, il confirme ses résultats précédents.

Traquair, 1911 :

« 27 cas d'ulcères cornéens ont été traités par ce moyen. Ont été traités seuls les ulcères qui, autrement, seraient sujets à la cautérisation, ou qui étaient assez avancés pour contre-indiquer la cautérisation. Douze ulcères étaient bénins, huit très

graves, trois graves et 3 assez graves. Dans aucun cas, sauf un, il n' a eu, ou presque pas, d'extension de l'ulcère après l'institution du traitement. Il a été noté que l'injection conjonctivale et ciliaire persista parfois pendant un certain temps après que l'ulcère était apparemment guéri, et un peu plus longtemps qu'après cautérisation. Mais cette circonstance ne paraît pas avoir une signification fâcheuse et on peut, en toute sécurité, laisser partir le malade de l'hôpital. Par la suite, des meilleurs résultats ont été obtenus et il n'y a pas de raison de croire que les limites des possibilités de la méthode ont été atteintes. Les cicatrices obtenues étaient constamment plus fines et moins opaques que celles qui restent après la cautérisation. Elles paraissent aussi être susceptibles d'un éclaircissement consécutif. Pour conclure : la méthode est certainement efficace pour les ulcères bénins et modérément graves. Elle a donné des résultats aussi bons ou meilleurs que ceux qu'on pourrait attendre de la cautérisation dans les cas sévères. Les tissus sains avoisinants de la cornée n'ont pas été détruits. La cicatrice est plus mince et moins étendue. La vision atteinte est meilleure. »

Stocker (Lucerne), 1916 :

L'auteur a appliqué pour la première fois l'ionisation dans le cas d'un gros ulcère eczémateux central, secondairement infecté, siégeant sur un leucome et ayant peu de tendance à la guérison. Après une seule séance d'ionisation, il aboutit à la guérison complète en 10 jours. De grosses phlyctènes lenticulaires, résistantes aux traitements ordinaires, guérissent après 2-3 séances. L'infiltration eczémateuse profonde, aboutissant si volontiers à la perforation, se résorbe et guérit à la suite d'une seule séance. Dans toutes les formes d'herpès de la cornée, dans les érosions traumatiques, bref, dans toutes les kératites neurotrophiques, l'ionothérapie donne des résultats magnifiques. Autrefois, les lésions herpétiques et érosions infiltrées de la cornée appartenaient aux affections les plus tenaces. Avec l'iontophorèse, l'infection est coupée court en quelques jours et la régénération acheminée. Depuis le mois d'octobre 1910, 52 cas d'herpès cornéal de toutes sortes furent guéris, dans un laps de temps plus court et avec résultat visuel meilleur qu'avec toutes les autres méthodes. C'est dans les processus infectieux de la cornée que l'ionisation montre, d'une façon éclatante, sa supériorité à tous les autres procédés thérapeutiques. Les ulcères à pneumocoques et à diplobacilles, les kératites mycotiques de l'*Aspergillus Fumigatus*, furent également devant l'action de l'ionisation au zinc. Et la Crux Ophthalmologorum, l'abcès interlamellaire, n'a trouvé que dans

L'ionisation un adversaire sûr et constant. Depuis le mois d'octobre 1910 ont été traités 123 ulcères serpiginieux à hypopion. L'iontophorèse zincique n'a failli dans aucun cas. Dans 18 cas d'abcès interlamellaires, le processus infectieux local guérit toujours. L'auteur tient à souligner doublement et triplement ce qu'il avait déjà écrit sur ce sujet en 1913. Pendant 25 ans, l'auteur a essayé dans les ulcères, traités par lui en masses, tous les procédés existants. Dans beaucoup de cas, seule l'iontophorèse a réussi à enrayer le processus. Conclusion : l'a venir est à l'ionothérapie. Les paroles de Wirtz gardent toute leur importance : l'ionothérapie est un enrichissement effectif de l'arsenal thérapeutique de l'ophtalmologie.

Th. de Speyer :

« L'ulcère serpiginieux de la cornée est l'affection des yeux où les résultats donnés par l'ionothérapie sont les plus rapides et les plus surprenants. Même dans des cas très avancés, on le voit guérir sous son influence en 1 ou 2 jours et laisser une fine cicatrice qui est souvent aussi transparente que le tissu sain. L'hypopion disparaît en général le lendemain de l'application. Les bons et rapides résultats que nous avons dans tous les cas pas trop avancés nous ont permis de placer l'ionisation à la tête des méthodes destinées au traitement des ulcères. Les cas de kératite phlycténulaire ulcéreuse, en partie accompagnés d'une infiltration plus ou moins diffuse, de même que les ulcères fasciculés, ont guéri en 2-3 jours, beaucoup plus rapidement qu'avec les méthodes habituelles, et l'infiltration avait disparu généralement au lendemain du traitement. Je ne crois pas être trop optimiste, si je considère l'ionothérapie comme un des meilleurs, sinon le meilleur traitement des ulcères serpiginieux. »

Asmus, 1919 :

« J'ai fait de bonnes expériences avec l'ionothérapie, 22 cas ont été traités. L'ionisation n'est restée en défaut qu'une seule fois où il s'agissait d'un énorme ulcère négligé. Dans tous les autres cas, l'iontophorèse a agi presque immédiatement. Dans quelques cas, on a employé également l'optoquine, mais, il faut le souligner, l'optoquine n'a pu, dans 5 cas, enrayer l'évolution de la maladie, ce qu'a fait l'iontophorèse à laquelle on eut recours consécutivement. Je n'ai appliqué ce procédé qu'une seule fois pour le traitement de l'herpès de la cornée, mais avec résultat excellent. »

Birkhäuser :

« Le principal domaine de l'ionothérapie en ophtalmologie

est le traitement des ulcères purulents et de l'herpès de la cornée. L'ionothérapie zincique s'est révélée à moi, depuis deux ans, comme un moyen absolument infailible dans tous les cas de kératites à hypopion et d'ulcères infectés. Je la considère supérieure à toute autre thérapeutique, l'optoquine incluse. »

Voici, maintenant, un extrait du travail de *Schnyder*, paru en 1919 :

« Nous avons essayé, au cours des années, bien des procédés particulièrement recommandés, mais aucun n'a pu remplacer durablement l'ionothérapie à laquelle on était obligé de recourir toujours de nouveau. Comme la meilleure thérapeutique, avant l'avènement de l'ionisation, se sont montrés les grands lavages au sérum physiologique, répétés toutes les trois heures. Mais, même à cette thérapeutique, résistaient les cas où il y avait suppuration interlamellaire. La sérothérapie pneumococcique est abandonnée. Quant à l'optoquinothérapie, nous avons à notre disposition des résultats comparatifs personnels. Le travail de Cavara traite la question très à fond. Mais nous ne pouvons, en aucune manière, nous rallier aux conclusions de cet auteur au point de vue des succès cliniques. Les rapports de Cavara sont très optimistes au point de vue des phénomènes irritatifs produits par l'O. Chez la plupart de nos malades, nous avons été frappés par des phénomènes d'irritation intenses, chémosis, hypopion, synéchies. Et dès que le processus infectieux se propage un peu dans la profondeur du parenchyme, l'action de l'O. est déjà très incertaine et problématique. Le médicament ne peut pas pénétrer en profondeur. La fréquence de la perforation dans l'Optoquinothérapie est de 6 — 18 %.

La médication échoue dans 22 % de tous les ulcères. L'O. est impuissante dans 62 % des cas d'ulcères avec infiltration profonde. D'après nos expériences, un seul sur 6 ulcères graves a pu être arrêté sous l'influence de l'O. Cela correspond à 83,4 % d'insuccès dans les ulcères interlamellaires. Les 5 cas restants ont abouti rapidement à la guérison après recours à l'ionothérapie. Quant aux chauffafes et la méthode de Wessely, les expériences nous manquent sur les résultats obtenus avec ces procédés. L'injection subconjonctivale fut essayée avec une solution à 4 %. L'évolution n'a pas été influencée. On ne l'a plus jamais employée. La ponction donne des bons résultats. Quant à l'ionisation, elle arrête l'extension du processus dès la première séance, dans la grande majorité des cas. Les ulcères de toute étiologie se comportent également en regard de l'ionothérapie. L'hypopion disparaît en 24-48 heures. S'il persiste, l'infection n'est pas encore vaincue. Mais ce retard n'occasionne qu'exceptionnellement une progression de

l'infiltration et une extension de la lésion ; c'est qu'après une seule ionisation la virulence des cocci est tellement réduite que toute progression est impossible. Dès le moment de l'arrêt définitif de l'infection, commence la résorption de l'hypopion qui est complète en quelques jours. Une augmentation de formations synéchiqnes n'a été observée dans aucun cas. Avec l'O., malgré l'arrêt, l'hypopion et les synéchiqnes peuvent apparaître. La vision de l'œil court des grands risques avec le traitement à l'optoquine durant plusieurs semaines. Ce n'est pas le cas de l'ionothérapie, où, avec l'arrêt du processus, on observe régulièrement la régression de l'iritis et des exsudats. La résorption des synéchiqnes est, d'ailleurs, visée dès le début par l'emploi de l'atropine et elle est favorisée par la courte durée de la maladie. L'épithélisation s'ensuit, en général, rapidement. Les cicatrices sont délicates et transparentes. Jamais ne se trouvent, parmi les cicatrices, des leucomes épais et porcelainés, comme on en trouve surtout après l'emploi du thermocautère (toujours employé malheureusement). L'étendue ne dépasse dans aucun cas l'étendue primitive. Elle est, au contraire, souvent moindre, parce que les parties périphériques s'éclaircissent beaucoup. Dans l'application de tous les autres procédés, l'optoquine incluse, les auteurs ont été obligés, dans beaucoup de cas, de recourir à la cautérisation, comme à la dernière planche de salut ; chez nous, depuis l'emploi de l'iontophorèse, le galvano et thermocautère ont été éliminés de l'arsenal des instruments employés dans les traitements des ulcères cornéens. Comme le critérium le plus important de l'efficacité d'une méthode, nous considérons le temps qu'un procédé met à enrayer un processus infectieux de la cornée. Sur 26 cas :

Nombre de jours jusqu'à l'arrêt de l'infection	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre des cas	5	7	4	3	2	2	1	1	0	1

Dans la plupart des cas, on marque un arrêt définitif dans les 3 premiers jours ; dans les autres cas, il n'y a plus de progression après la première séance, bien qu'on soit obligé d'attendre plusieurs jours jusqu'au nettolement définitif de l'ulcère. Cet arrêt rapide de l'infection doit être considéré comme le point le plus important dans le traitement de l'ulcère serpigineux, et c'est, justement, à ce point de vue que l'ionothérapie donne, jusqu'à ce jour, les meilleurs résultats qui soient. L'optoquine, suivant Cavara, a donné, dans les 3 premiers jours, un arrêt définitif dans 8 cas sur 49. Tandis qu'avec l'ionothérapie, un seul cas a nécessité un traitement supérieur à 8 jours, avec l'O. c'étaient 22 sur 49, c'est-à-dire

45 %. Après les 10 premiers jours, l'optoquine a donné 67 % de guérisons, avec l'ionothérapie on a 100 %. Ont été soignés, 150 ulcères. Muni de l'ionothérapie et à la condition de remplir les exigences de la technique, on ne sera plus jamais, dans aucun cas, le plus faible dans la lutte avec un ulcère de la cornée. C'est un moyen qui ne décroît jamais. Quant aux cas d'herpès fébrile, d'herpès post-traumatique, d'herpès zoster ophtalmicus, d'érosions récidivantes, nous pouvons confirmer pleinement les rapports de Wirtz, Zahn, Krailsheimer. 78 cas traités. Les affections eczémateuses de la cornée guérissent extrêmement vite et sûrement. »

Erlanger, 1920 :

« J'ai employé l'iontophorèse pour le traitement des kératites, surtout les kératites marginales, des infiltrats catarrhaux et ulcères, des affections eczémateuses et pour l'éclaircissement de taies. Pour la kératite marginale, une seule séance a suffi, en général. La rougeur disparut le lendemain, les douleurs cessèrent après quelques heures. De très bons résultats ont été obtenus dans les ulcérations catarrhales marginales. 12 cas ont été traités. Dans tous les cas, on a pu observer une rapide disparition de l'irritation, une résorption des infiltrats rapide à surprendre, une cicatrisation délicate. L'ionothérapie donne des résultats excellents dans les affections eczémateuses. J'ai observé deux cas graves. Dans les 2 cas, le médecin et le patient ont été surpris par la rapide disparition des douleurs, de la photophobie et de tous les autres phénomènes d'irritation. Il n'y eut plus, désormais, de récidives. On a pu obtenir un éclaircissement des taies donnant une vision passable. »

Fietta, 1922 :

« C'est incontestablement dans les cas d'ulcères cornéens, surtout d'ulcères serpiginieux à pneumocoques, que l'iontophorèse au zinc remporte ses plus éclatants succès. Bien appliquée, et pourvu que le processus infectieux n'ait pas dépassé la cornée et envahi la profondeur, elle ne connaît pas d'échec. La guérison est rapide et la cicatrice restante est bien plus transparente et moins étendue qu'avec tout autre mode de traitement. Très efficace contre l'herpès de la cornée, puisque, dans la très grande majorité des cas, une à deux applications suffisent à enrayer l'infection, l'iontophorèse au zinc a été employée avec succès dans les ulcérations trophiques à marche lente. Il faut remarquer que l'iontophorèse reste impuissante, lorsque le processus infectieux, après avoir envahi la cornée, s'est propagé aux parties profondes de l'œil ; cependant, on voit des cas de panophtalmie au début, dans les-

quels les ions zinc sont encore capables de produire une guérison locale et d'amener la cicatrisation de la cornée, alors que l'infection continue à progresser dans la profondeur. Sur 14 ulcères divers traités, un seul qui, lors de son arrivée à l'hôpital, présentait une fonte purulente totale de la cornée avec propagation de l'infection aux membranes profondes, a résisté à l'iontophorèse au zinc. Dans les 13 autres cas, les applications, répétées de 1-4 fois, ont réussi à enrayer toute progression et à transformer l'ulcère en une taie ; presque toujours (onze fois sur treize), on nota une amélioration très nette de la vision. Dans 4 cas, la vue passa respectivement

de 0.15 à 0.25, de 1/100 à 1.0, de $\frac{1}{\infty}$ à 0.45 et de 0.25 à 1.75. Le nombre de séances nécessaires pour arrêter les progrès du mal a varié de une à quatre. Treize guérisons sur quatorze cas d'ulcères, dont plusieurs très graves, tels sont les résultats obtenus grâce à l'iontophorèse ; ni l'optoquine, tant vantée, cependant, ni les innombrables traitements préconisés jusqu'ici, n'ont permis d'en obtenir de pareils. Sur 10 cas d'herpès, tous ont été guéris. Quant aux kératites eczémateuses, aucun médecin n'ignore combien elles sont tenaces et combien leurs récives sont fréquentes. Aussi, même traitées par l'iontophorèse, leur durée est-elle souvent longue, mais presque invariablement, les résultats sont tels qu'ils justifient pleinement l'emploi de ce genre de traitement. Conclusion: l'iontophorèse est le moyen le plus puissant dont nous disposons actuellement pour enrayer vite et sûrement les processus infectieux aigus de la cornée. Elle agit tout particulièrement bien sur les ulcères serpigneux à pneumocoques et dans les cas d'herpès ; elle a, sur les cautérisations thermiques ou chimiques, le précieux avantage de ne pas détruire les tissus sains environnants et de produire, par conséquent, des cicatrices aussi peu étendues et aussi transparentes que possible. »

De tous les auteurs, un seul, *Ohm*, reste sceptique. On est obligé d'admettre qu'il s'agit d'une technique défectueuse :

« Je dois ajouter que je ne peux pas me rallier aux grands éloges que fait Schnyder au traitement ionique des ulcères. Dans mes cas, l'échec complet n'a pas été une rareté. »

Lindenmeyer, 1924 :

« Je me sers de l'ionothérapie depuis 1920 et je peux confirmer les bons résultats de Wirtz, Stocker, Birkhäuser, Schnyder, etc. Dans 24 ulcères de la cornée, dont quelques ulcères serpigneux typiques, je n'ai presque pas eu d'insuccès. Les

douleurs disparaissaient presque régulièrement le soir même du traitemnet, »... .. « Ce qui recommande tout particulièrement l'ionothérapie, c'est la cicatrisation délicate. » Bons résultats dans la kératite dendritique, kératite fasciculeuse et dans les érosions récidivantes, de même que dans les plaies infectées de la cornée et les infections post-opératives.

Eyer confirme les bons résultats dans les affections eczémateuses.

Fricke rapporte un cas de kératite dendritique guérie après une séance. Il traite tous les cas d'ulcères serpigineux par l'ionisation et est très satisfait des résultats. Sur 23 cas, dont plusieurs négligés, la kératotomie n'a été nécessaire que 3 fois. Le galvano-cautère ni l'optoquine n'ont pas été employés.

Laccarere et Leoz, 1927 :

6 cas de kératite phlycténulaire avec réaction intense ont abouti à la guérison. Des cas d'herpès de la cornée également. Dans les ulcères de la cornée, les résultats ont été satisfaisants, pour la plupart, bien qu'il y ait des cas non influencés. L'ionothérapie zincique est décidément efficace.

Rochat, 1928 :

12 cas d'ulcères à pneumocoques. 9 ont été guéris complètement, 2 ulcères se sont agrandis et ont laissé une cicatrice épaisses, 1 œil a été énucléé. Dans les autres formes d'ulcères, l'auteur a eu aussi de bons résultats.

Ont encore appliqué l'ionisation au traitement des ulcères de la cornée : *Wirzenius* (1914), 12 cas ; *Albrich* (1921) 588 cas ; *Schwarzkopf* (1921) 27 cas ; *Malkin* (Saratow 1929), 12 cas.

Dr Cantonnet :

« L'ionisation est le traitement souverain des ulcères de la cornée. »

Voici les résultats qu'a obtenus le Docteur Cantonnet et qu'il a bien voulu nous permettre de rapporter ici.

1. *Ulcères à hypopion*

1. 48 ans. Ulcère à hypopion, 15 séances au zinc. Guérison avec taie.
2. 31 ans. Ulcère à hypopion. Distension du sac. Guérison avec taie en 10 séances, au zinc.
3. 36 ans. Ulcère à gros hypopion. Guérison avec taie en 15 séances au zinc.
4. 24 ans. Ulcération minime, léger hypopion. Guérison sans taie en 6 séances au zinc.
5. 36 ans. Ulcère à hypopion. Guérison avec taie en 20 séances au zinc.
6. 40 ans. Ulcère à hypopion avec dépoli de toute la moitié inférieure de la cornée. Guérison avec taie en 20 séances au zinc.
7. 60 ans. Ulcère à gros hypopion vaste et creux. 15 ionisations au zinc. Pas d'effet bien net. Cicatrisation avec staphylome.
8. 43 ans. Ulcère à gros hypopion. Ionisation au zinc. 20 séances. Cicatrisation avec taie.
9. 43 ans. Ulcère à hypopion par corps étranger. 7 séances au zinc. Dès le lendemain, disparition de l'hypopion et teinte moins jaunâtre de l'infiltration cornéenne. Après la 2^e séance, aspect très amélioré de l'ulcération. Guérison en 7 séances. Taie consécutive.
10. Taie réchauffée. Léger ongle d'hypopion. 14 ionisations au zinc. Guérison.
11. 58 ans. Ulcère à hypopion. L'abcès de la cornée prend une teinte blanche après la sixième ionisation au zinc, mais continue à évoluer. Perforation, leucome adhérent. 27 séances. Vaccin local au pneumocoque le soir en instillation.

2. *Sans hypopion*

12. 53 ans. Ulcère infiltré. Guérison en 10 séances au zinc. Taie.
13. 41 ans. Ulcère infiltré. Pas d'effet bien net en 8 séances.
14. Petites ulcérations marginales de la cornée. 25 séances au zinc. Guérison.
15. Ulcération cornéenne traînante. 50 séances au zinc avec attouchements iodés. Taie.
16. Ulcération de la cornée. Iodage sans résultat. 9 ionisations au zinc. Guérison.
17. Ulcère en coup d'ongle. 7 ionisations au zinc. Guérison.
18. Ulcère transparent superficiel. 8 ionisations au zinc. Guérison.
19. Ulcère cornéen périphérique sur un gérontoxon. Azotémie, urée = 2,25. Tension artérielle 23-11 1/2. Guéri en 6 séances au sulfate de zinc.
20. Ulcère cornéen. 20 ionisations au zinc. Guérison.

21. Petite ulcération centrale. Guérison en 10 séances au zinc.
22. Ulcération du limbe, eczéma des paupières. Guérison en 6 séances au zinc.
24. Petit ulcère cornéen périphérique. Guérison en 6 séances au zinc.
25. Ulcération limbaire. Ionisation au zinc. Guérison en 5 séances. La petite taie se réchauffe ultérieurement. 10 nouvelles ionisations au zinc. Guérison.
26. Petite ulcération centrale. Attouchements iodés sans résultats. Ionisation au zinc. 8 séances sans résultat net.
27. Ulcération en coup d'ongle. 6 ionisations au zinc. Guérison.
28. Ulcération en coup d'ongle périphérique. 8 ionisations au zinc. Guérison.
29. Petite ulcération cornéenne superficielle. 4 séances au zinc. Guérison.
30. Taie réchauffée. Guérison en 8 ionisations quotidiennes au zinc.

3. Phlyctènes

31. Phlyctène de la cornée ; poussée d'herpès à l'angle interne de la paupière, sensibilité cornéenne très diminuée. 15 ionisations iodurées. Guérison.
32. Kératite phlycténulaire. 8 ionisations au zinc. Pas de résultat net.
33. Phlyctène isolé de la cornée. 18 ionisations au zinc. Pas d'effet spécial.
34. Phlyctène au limbe. 11 ionisations au zinc. Guérison.
35. Petite phlyctène paracentrale après une sclérite. 5 ionisations quotidiennes au zinc. Guérison.
36. Petite phlyctène limbaire. 5 ionisations au zinc. Guérison.

Conclusions : 1. Hypopion. *Résultats très intéressants.* — Disparition parfois rapide de l'hypopion, évolution accélérée ; modification de l'infiltration cornéenne. — 2. Sans hypopion. *Résultats très intéressants.* — Action très rapide sur les ulcérations transparentes, moins rapide sur les infiltrées. *T h é r a - p e u t i q u e e x c e l l e n t e.* — 3. Phlyctènes ; Résultats variables, parfois bons, parfois nuls.

OBSERVATIONS PERSONNELLES

1. G. A., 36 ans, domestique. Ulcère superficiel périphérique. 4 séances quotidiennes au zinc. Guérison avec taie minime.
2. L. L., 76 ans. Ptérygion inflammé. Dérivation du ptérygion, implantation d'une rondelle cornéenne après trépanation superficielle de la cornée. Pas de prise du greffon. Ulcère se développe au niveau de la greffe. 20 séances au zinc. Guérison. La taie est relativement mince et moins étendue que n'était l'ulcère.
3. L. E., 61 ans. Kératite neuro-paralytique. Anciennes taies réchauffées. Dépoli, anesthésie de la cornée. Tarsorrhaphie, lactothérapie, ionothérapie sans effet notable.
4. F. L., 40 ans, livreur. Alcoolique. Blessure par éclat de bois. Erosion infiltrée de la cornée vers 7 h. 3 séances au zinc. Guérison. Petit point opaque.
5. S. K., domestique. Polonaise. Les deux yeux pris à la suite d'un eczéma de la face. O D deux petits ulcères centraux, O G infiltration massive centrale. Réaction intense. Ionisations. Après 2 séances, la malade est changée. Plus de photophobie ni de larmoiements intenses. Infiltrats résorbés en grande partie. Ulcères épithélisés. Acuité visuelle prise à ce moment : VOD 5/10, VOG 4/10. Ionisation continuée. Après 8 séances ; VOD 9/10, VOG 8/10. Macules très fines.
6. G. F., 39 ans, repasseuse. Erosions récidivantes. Traitée pour l'œil gauche dans un autre service avec tous les moyens possibles, chauffages inclus, sans résultat. Envoyée dans le service du Docteur Cantonnet pour ionisations. Malade raconte qu'elle a été très améliorée après 2 séances. Guérie après 12. Revient pour l'œil droit. Ulcère en coup d'ongle marginal. Après 2 séances, ne prend plus la fluorescéine. Interrompt le traitement pendant 3 jours. Revient avec nouvel ulcère. 6 séances. Très améliorée. Traitement continué.
7. S. A., 32 ans, mécanicien. Ulcérations marginales catarrhales de la grosseur d'une tête d'épingle. 6 séances. Guérison.
8. M. J., 34 ans, charbonnier. Ulcère central de la cornée. $V = 4/5$ s. v. Ionisation. 5 séances. Guérison. Macule extrêmement fine. $V = 9/10$ s. v.
9. P. E., 28 ans, employée. Erosions récidivantes. Était traitée par ionisations pour l'œil gauche, il y a 3 mois. Améliorée après la 2^e séance. Guérie après 7 applications. Revient pour l'œil droit. Ulcération marginale étendue. 6 séances. Guérison sans taie.

A quoi est due l'efficacité si remarquable de l'ionothérapie dans les ulcères de la cornée ? Suivant *Wirtz*, il s'agissait surtout d'une action bactéricide directe des ions zinc : « Les ions zinc, en petites doses, excitent les fonctions de la cellule ; en doses plus grandes, ils la paralysent, et la tuent finalement. Or, c'est un fait connu que les cellules du corps humain sont plus résistantes aux agents extérieurs que la plupart des microbes. Grâce à cette propriété, on peut avec l'ionisation, dont l'intensité peut être variée progressivement, paralyser ou tuer les germes en laissant cependant les tissus intacts ou même renforcés dans leur vitalité. » *Zur Nedden* n'est pas de cet avis : la destruction directe des germes joue un rôle subordonné, c'est surtout la stimulation des agents de guérison naturels de l'organisme qui est ici le facteur important ; les antiseptiques sont peu efficaces dans les infections, et la valeur des ions zinc consiste en ce qu'ils sont des excitants extrêmement efficaces sans être nuisibles. *Stocker* croit à une action double : 1° bactéricide et 2° stimulante, trophique. Nous nous rallions à cette opinion.

On peut justement s'étonner qu'un agent thérapeutique d'un si haut intérêt ne se soit pas répandu en 25 ans, autant qu'il le mériterait. Suivant *Schnyder*, ce serait dû au caractère purement physico-chimique de la méthode. Mais, comme le remarque *Birkhäuser*, cette raison ne peut pas suffire pour enrayer le développement d'une méthode de laquelle on peut attendre toujours des succès certains. D'autant plus que le nouveau de la méthode

peut être appris rapidement et n'offre pas plus de difficultés que, par exemple, une galvanocautérisation ou une tonométrie, correctement effectuée. A côté de l'aversion pour un appareil électrique, c'est peut-être le manque de foi, le scepticisme qui constitue le principal obstacle. Mais il suffit d'avoir exécuté quelques essais personnels pour voir fuir tous ses préjugés. Cette méthode, compliquée en apparence, est extrêmement simple en réalité. Et celui qui l'aura essayée trouvera en elle rapidement le moyen le plus sûr pour le traitement des ulcères cornéens. La généralisation de l'emploi de l'ionothérapie n'est qu'une question de temps. Si ce modeste travail est destiné à y contribuer pour une très faible part, son but est atteint.

CONCLUSIONS

I. — L'ionothérapie, basée sur des faits physico-chimiques et biologiques, scientifiquement prouvés, est une méthode thérapeutique dont l'efficacité n'est plus discutée et qui a trouvé maintes applications dans toutes les branches de la médecine.

II. — En ophtalmologie, l'ionothérapie a fait ses preuves dans diverses affections, mais sa principale indication, sont les ulcères de la cornée.

III. — De bons résultats ont été obtenus dans les formes suivantes : 1. Ulcère serpiginieux de toute nature et à hypopion. — 2. Ulcères sans hypopion (résultats excellents). — 3. Kératites neuro-trophiques : érosions récidivantes, érosions traumatiques, herpès de la cornée, fébrile et zoster ophtalmique (résultats rapides, souvent pas de taie). — 4. Kératites catarrales marginales. — 5. Infiltration eczémateuse profonde (action très rapide). — 6. Abscess interlamellaire. — 7. Kératite dendritique. — 8. Kératite fasciculeuse. — 9. Plaies infectées post-opératoires. — 10. Phlyctènes (résultats variables). L'ionothérapie est impuissante lorsque l'infection s'est propagée aux parties profondes de l'œil (corps vitré, p. ex.).

IV. — Les principaux avantages de l'ionothéra-

pie des ulcères sont : 1. Action pénétrante profonde. — 2. La durée de la maladie est abrégée. — 3. Les tissus sains sont respectés. — 4. L'étendue de la cicatrice est souvent inférieure à celle de l'ulcère. — 5. La taie est fine et transparente. — 6. La vision atteinte est meilleure qu'avec les autres procédés. — 7. L'application est indolore. — 8. Elle est inoffensive. — 9. Son intensité peut être réglée.

V. — Le mode d'action paraît être double : 1. Bactéricide. — 2 Trophique.

VI. — La technique que nous avons adoptée consiste à employer des intensités faibles et des durées longues. L'œil n'est pas cocaïnisé (Docteur Cantonnet).

VII. — Il est à souhaiter qu'en même temps que les applications cliniques se multiplient des recherches expérimentales, afin de faire de l'ionothérapie une méthode aussi exacte avec des indications aussi précises que possible.

Vu : *Le Doyen*,
BALTHAZARD.

Vu : *Le Président*,
TERRIEN.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

- ASMUS. — Die Zinkiontophorese bei *Ulcus serpens*, Zeitschrift für Augenheilkunde, 1919, T.II, p. 216.
- Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 1920, Vol.64, p. 430.
- BIRKHÄUSER. — Kl. M. f. A. 1919, Vol. 63, p. 493 ; Kl. M. f. A. 1921, vol. 67, p.536 ; Revue gén. d'Opht., 1921, N° 7, p. 312.
- BOURGUIGNON, CANTONNET et JOLTOIS. — L'ionisation en thérapeutique oculaire. Presse Médicale, Paris, 1923, XXXI, p. 517.
- BOUTARIQ. — La Physique moderne et l'Electron, Paris, Alcan, 1927.
- La vie des Atomes, Paris, Flammarion, 1923.
- Les Colloïdes et l'état colloïdal, Alcan 1931.
- CANTONNET, BOURGUIGNON et JOLTROIS. — Indications de l'ionisation oculaire. Congrès de la Soc. franç. d'Opht., juin 1923.
- CANTONNET. — L'ionisation en ophtalmologie. Presse Méd. 13 juin 1923.
- L'ionisation de l'œil. Technique, résultats. Ma-loine, 1927.
- CLUZET. — Physique médicale.
- DELHERM et LAQUERRIÈRE. — Ionothérapie électrique, Paris 1925.
- ERLANGER. — Zur Wirkung der Iontophorese bei Augen-leiden Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1920, N° 40, p. 1107.
- V
- FIETTA. — Traitement électrolytique en Ophtalmologie. Revue Médicale de la Suisse Romande, Genève 1922, vol. 42, p. 298.
- Revue gén. d'Opht., 1922.
- Zentralblatt, f. g. Opht., 1923, Vol.8, p.384.
- GALLI et ROUSSEAU. — Electrologie et Radiologie médica-les, Paris, Colin, 1931.
- GOLDSCHMIDT. — Experimentelle Studien über die Diffu-sion durch die Hornhaut, Archiv. f. Opht. 1920, vol. 103, p. 280.

- HAGEMANN. — Ueber Iontophorese, Kl. M. f. A. 1909, Vol. II, p. 93.
- JOLTROIS. — L'ionisation en thérapeutique oculaire. Thèse Paris, 1923.
- KRAILSHEIMER. — Kl. M. f. A., 1909, T.II, p. 116.
- LACCARERE et LEOZ. — Arch. de Opht. hispano-americ., vol. 27, N° 18, p. 373.
- Centralbl. f. .g. Opht., 1927, p. 809.
- LEWIS JONES. — On the treatment of some corneal ulcers by zinc ions. The British Medical Journal, 1910, T.II, p. 520.
- LINDENMEYER. — Erfahrungen mit Iontophorese. Kl. M. f. A., 1924, vol. 72, p. 804.
- LUBOWSKI et SACHS-MÜCKE. — Die Heilung der septischen Hornhautgeschwübe durch Zinkiontophorese. Medizinische Klinik, 1911, p. 217.
- LUBOWSKI. — Kl. M. f. A. 1911, T.II, p. 389 (Erronément Sabowski).
- Med. Klin. 1911, T.II, p. 1658.
- MALKIN. — Erfahrungen mit Ionophorese bei Ulcera corneae. Kl. M. f. A. 1929. Band 83. 5. 502.
- MORISOT. — L'ionothérapie ou ionisation appliquée au traitement des affections oculaires. la Clinique Opht. 1927, p. 5, 145, 267, 380, 498, 621, 692.
- 1928, p. 77, 499, 634, 674.
- OHM. — Kl. M. f. A., 1921, vol. 67.
- PERRIN. — Les Atomes, Paris, Alcan, 1930.
- ROCHAT. — Kl. M. f. A., 1928 vol. 81, p. 178.
- SCHNYDER. — Iontophorese in Opht. Kl. M. f. A., 1919, vol. 63, p. 433.
- SPEYER. — Kl. M. f. A. 1916, T.II, p. 601.
- STOCKER. — Kl. M. f. A., 1916, T.II, p. 591.
- Correspondenzblatt für Schweizer Aerzte 1913, p. 417 et 464.
- TRAQUAIR. — The treatment of purulent keratitis by zinc iontophoresis. Ophthalmic Review London 1911, XXXI, p. 1.
- WIRTZ. — Ionothérapie in Augenheilkunde. Kl. M. f. A., 1908, Bd. XLVI, p. 543.
- Weitere Erfahrungen, Kl. M. f. A. 1909, Bd. 47, p. 15.
- Zur Technik der I. P. H. des Auges, Med. Kl. 1912, p. 103.
- ZAHN. — Kl. M. f. A. 1911, T.II, p. 105.
- ZUR NEDDEN. — Kl. M. f. A., 909, T.II, p. 95.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
CHAPITRE PREMIER. — HISTORIQUE	13
CHAPITRE II. — LA THEORIE DES IONS	16
A. Electrolyse	17
B. Electrophorèse	26
C. Osmose électrique	29
CHAPITRE III. — LA THERAPEUTIQUE PAR LES IONS	30
A. Electrolyse de l'organisme	30
B. Recherches expérimentales sur la pénétration et le transport des substances dans les tissus sous l'influence du courant électrique	34
C. L'ionothérapie	40
CHAPITRE IV. — MATERIEL ET TECHNIQUE DE L'IONI- SATION OCULAIRE	45
CHAPITRE V. — L'IONOTHERAPIE DES ULCERES COR- NEENS.	50
CONCLUSIONS	66
BIBLIOGRAPHIE	68

